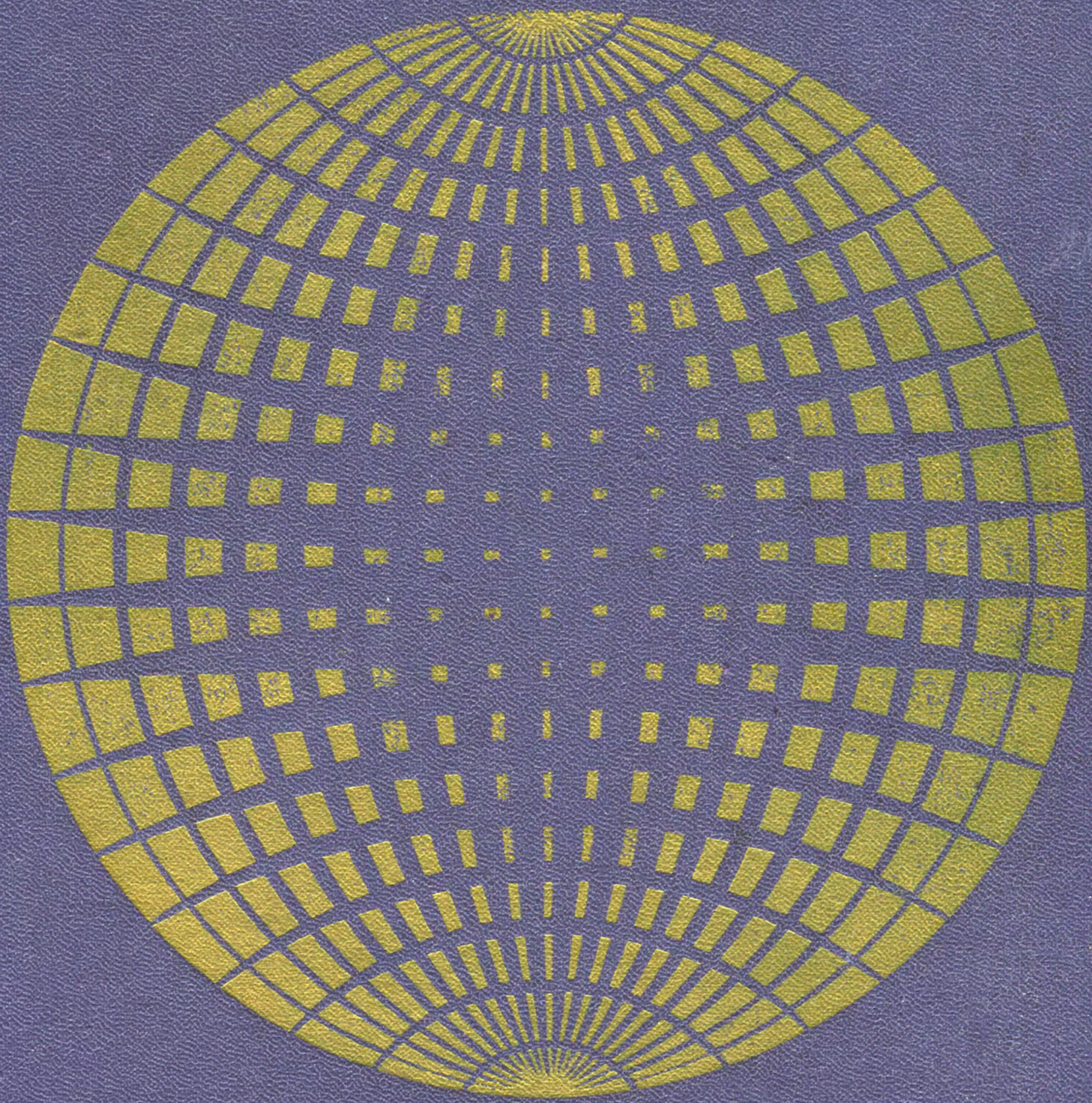
Детская Энциклопедия

1



Содержание

А. И. Маркушевич
5 К нашим читателям
В. А. Обручев
7 Счастливого пути вам, путешественники в третье тысячелетие!

О чем пойдет рассказ в этом томе

И. П. Герасимов
10 Современные науки о Земле
10 Из единого корня и общих потребностей
11 Разделение наук о Земле
12 Вклад русских ученых
14 Новые подходы и методы
15 Единство наук о Земле
15 Заглянем в будущее
17 Наука об управлении природной средой
18 Как создавалась эта книга

Наша планета Земля

М. С. Боднарский
19 Представления древних о Земле
А. А. Михайлов
21 Как измерили Землю
23 Искусственные спутники Земли
М. М. Дагаев
25 Земля — одна из планет Солнечной системы
Л. С. Абрамов
27 Изображение Земли на плане, карте и глобусе
27 Изображение «плоской» Земли
30 Изображение земного шара
31 Картографические проекции
34 Составление карты
35 Изображение рельефа Земли
37 Карта и изучение Земли
Д. И. Щербаков
38 Земля и ее оболочки

Недра Земли

Е. Н. Люстих
42 Внутреннее строение Земли
42 Как изучают недра Земли
44 Главные геосферы
44 Земная кора
48 Мантия
49 Ядро земного шара
50 Нерешенные вопросы
Г. Н. Петрова
50 Земля — магнит
51 Магнитное поле на поверхности Земли
52 Вековые вариации магнитного поля
53 Причины возникновения магнитного поля Земли
54 Переменное магнитное поле Земли
55 Магнитное поле Земли служит человеку
Г. Д. Афанасьев, А. М. Барсук
55 Горные породы и минералы
57 Минералы
61 Горные породы
65 Как изучают горные породы и минералы
Н. А. Сягаев
66 Структура земной коры
И. Н. Крылов
72 Как определяют возраст Земли и горных пород
В. Е. Хаин
75 Геологическая история Земли
75 Страницы геологической летописи
75 Ранние этапы формирования земной коры
79 Новые этапы развития земной коры
80 Формирование современной структуры земной коры
80 Общее направление геологического развития Земли
В. И. Смирнов
81 Полезные ископаемые
82 Состав полезных ископаемых
85 Как возникли месторождения полезных ископаемых
87 Эпохи формирования полезных ископаемых
88 Горючие ископаемые
Г. Г. Кравченко
92 Как ищут месторождения полезных ископаемых
92 Геологическая карта
93 Поисковые признаки
93 Геологические методы поисков
95 Геохимические и биогеохимические методы поисков
96 Геофизические методы поисков
98 Разведка месторождений
Б. А. Федорович
100 Под действием силы тяжести

Поверхность Земли

Н. И. Николаев
101 Главные черты рельефа Земли
101 Борьба внутренних и внешних сил
102 Основные черты рельефа земной поверхности
104 Материки и океаны
105 Гипсографическая кривая
106 Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности
Г. П. Горшков
108 Как образуются и разрушаются горы
Д. А. Тимофеев
112 Равнины
112 Типы равнин
114 История рельефа платформенных равнин
118 Равнины в горах
Б. А. Федорович
119 Творение ледниковых покровов
Г. Б. Удинцев
120 Дно Мирового океана
120 Методы изучения морского дна
122 Главные черты строения океанических впадин
124 Осадки Мирового океана
125 Будущее освоение океана
В. И. Ковригина
126 Землетрясения
126 Где и отчего происходят землетрясения
129 Как изучают землетрясения
131 Можно ли ослабить вредные последствия землетрясений
Е. П. Заварицкая
132 Вулканы и гейзеры
133 Современная вулканическая деятельность
137 Причины вулканических извержений
140 Как действуют гейзеры
Д. А. Тимофеев
145 Сели, овраги, ветровая эрозия
Б. А. Федорович
147 Созданные ветром

Водная оболочка

Н. Н. Горский
148 Мировой океан
149 Солевой состав океана
150 Океан и круговорот веществ на Земле
153 Океан — аккумулятор тепла
154 Океанические течения
155 Приливы
157 Волнение в океане
158 Уровень моря
159 Морские льды
159 Загрязнение океана

Н. Н. Горский
160 Реки
162 Реки и их деятельность
165 Реки и человек

Н. Н. Горский
167 Озера

Н. Н. Горский
170 Подземные воды

В. М. Котляков
173 Ледники
173 Условия образования и строение ледников
175 Движение и колебания ледников
176 Ледники должны служить человеку

В. М. Котляков
177 Снег и снежные лавины
177 Свойства снега
178 Снежные лавины

М. И. Львович
180 Круговорот воды на Земле
181 Водный баланс Земли
184 Активность водообмена и балансовая оценка водных ресурсов
185 Водный баланс поля и леса

Воздушная оболочка

Х. П. Погосян
187 Воздушный океан
188 Состав атмосферы
188 Давление и вес воздуха
189 Строение атмосферы
192 Циркуляция атмосферы

В. М. Скляров
194 Как изучают атмосферу

Х. П. Погосян, А. И. Снитковский
196 Прогноз погоды
198 Как получают информацию о погоде
200 Как составляют прогноз погоды

Х. П. Погосян
203 Местные признаки погоды

А. И. Снитковский
206 Грозные явления атмосферы
206 Атмосферные вихри (тропические циклоны, смерчи, шквалы и ураганы)
210 Местные опасные ветры
211 Ливни, град и грозы
213 Туман, гололед и изморозь

Т. В. Покровская
214 Солнечная активность и ее влияние на погоду и климат

Л. А. Чубуков
216 Климат и его роль в жизни человека
217 Как изучают климат
218 Типы погоды
219 Роль погоды и климата в жизни человека
220 Климатические особенности географических поясов

Оболочка жизни

И. П. Герасимов
222 Значение биосферы

Б. А. Трофимов
223 Как развивалась жизнь на Земле
225 Океаны и моря — колыбель жизни на Земле
226 Пионеры суши
229 Ящеры
239 Возникновение птиц, млекопитающих и вымирание динозавров
242 Эра новой жизни

Г. Д. Рихтер
245 Учение о современных природных зонах Земли

Н. Н. Розов
250 Почвы мира и их использование
250 Из истории почвоведения
251 Почвенный покров мира
253 Почвы и сельское хозяйство

О. С. Гребенщиков
255 Растительный покров Земли
255 Растения и среда
256 Сообщества растений
259 Распространение растений на земном шаре
261 Основные типы растительного покрова Земли

В. Г. Богоров
267 Жизнь в океанах и морях
267 Условия существования морской флоры и фауны
273 Состав обитателей морей и океанов
275 По морям и океанам

Д. В. Панфилов
278 Животный мир суши
280 Распространение животных
283 Значение жизнедеятельности животных в природе
285 Животное население главных природных ландшафтов

А. Н. Формозов
291 Сколько видов животных обитает на Земле?

Воздействие человека на природу

Л. С. Абрамов
292 Использование природы в интересах людей
292 Природа и человек
295 Естественные ресурсы
299 Преобразование природы

М. И. Львович
302 Вода и человечество
302 Сколько воды расходуется на Земле
302 Загрязнение вод и борьба с ним
303 Чистая вода необходима для жизни
304 Прекратить сброс сточных вод в реки

В. М. Скляров
306 Запыление и загрязнение атмосферы и борьба с ними
306 Обычный состав атмосферного воздуха
306 Загрязнение атмосферного воздуха
307 Вредное действие загрязняющих веществ
310 Защита атмосферного воздуха от загрязнения

Н. А. Гладков
310 Охрана живой природы

Население Земли

М. Я. Берзина
316 Народы мира
316 Человек заселяет планету
316 Расы

318 Племена, народности, нации
318 Языки народов мира
320 Расселение людей на Земле

Как изучали земной шар

Я. М. Свет
322 Путешественники Древней Греции

А. Б. Дитмар
324 По следам малайских мореходов

А. Б. Дитмар
326 Путешествия Марко Поло

А. Б. Дитмар
328 «За три моря»

А. И. Соловьев
329 Эпоха Великих географических открытий
330 Открытие Америки и «Южного моря»
333 Первое кругосветное плавание
334 Продолжение открытий в Новом Свете
336 Проблема Северо-Восточного морского пути
337 В поисках Южного материка

Н. Г. Фрадкин
339 Путешествия и географические открытия XVIII в.
339 В Арктике и северной части Тихого океана
345 Вокруг света и в поисках Южного материка
347 Во внутренних областях континентов

Я. Ф. Антошко
349 Географические исследования материков XIX—XX вв.
349 Африка
352 Русские и советские исследователи Африки
353 Евразия
357 Исследования и открытия на территории Советского Союза
359 Америка
361 Центральная и Южная Америка
362 Австралия
363 Географические открытия и исследования в наше время

А. М. Муромцев
364 Исследования Мирового океана в XIX в.

Б. А. Кремер
370 Арктика и Северный морской путь

А. Д. Добровольский
377 Исследования Мирового океана в XX в.

А. М. Муромцев
383 Человек покоряет глубины океана

Ю. М. Модель
385 Ледяной материк на юге
389 Что нам известно об Антарктиде

Б. В. Виноградов
392 Космическое землеведение

В. В. Тихомиров, Ю. Я. Соловьев
394 Краткая история геологии
397 Формирование геологической науки
400 Эволюционистские идеи в геологии
402 Тенденция развития современной геологии

Изучайте родной край

Б. Л. Беклешов
403 В поход

В. Ф. Крепольский
409 Глазомерная съемка местности

В. М. Скляров
413 Школьные метеорологические станции

Справочный отдел

В. А. Галицкий
415 Общие сведения о Земле

В. П. Завьялова, Н. В. Овсянникова
432 Что читать по географии и геологии
433 Наша планета Земля
433 Недра Земли
433 Поверхность Земли
434 Водная оболочка
435 Воздушная оболочка
435 Оболочка жизни (биосфера)
436 Воздействие человека на природу
436 Как изучали земной шар
438 Изучайте родной край
438 Справочники, словари, книги общего характера

Е. И. Белев
439 Указатель имен
444 Предметный указатель

Коммунистом стать можно
лишь тогда, когда
обогатишь свою память
знанием всех тех богатств,
которые выработало
человечество.

В. И. ЛЕНИН

Академия педагогических наук СССР

Детская Энциклопедия 1

Для среднего и старшего возраста

Третье издание

Главный редактор
МАРКУШЕВИЧ А. И.

Члены главной редакции:
АРТОБОЛЕВСКИЙ И. И.
БАННИКОВ А. Г.
БЛАГОЙ Д. Д.
БРУСНИЧКИНА Р. Д.
БУЦКУС П. Ф.
ВОРОЖЕЙКИН И. Е.
ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ Б. А.
ГЕНКЕЛЬ П. А.
ГЕРАСИМОВ С. А.
ГОНЧАРОВ А. Д.
ГОРШКОВ Г. П.
ДАНИЛОВ А. И.
ДЖИБЛАДЗЕ Г. Н.
ДОЛИНИНА Н. Д.
ДУБИНИН Н. П.
ИВАНОВИЧ К. А.
ИЗМАЙЛОВ А. Э.
КАБАЛЕВСКИЙ Д. Б.
КАССИЛЬ Л. А.
КЕДРОВ Б. М.
КИМ М. П.
КУЗИН Н. П.
КУЗОВНИКОВ А. М.
ЛЕОНТЬЕВ А. Н.
ЛУРИЯ А. Р.
МАРКОСЯН А. А.
МИХАЛКОВ С. В.
НЕЧКИНА М. В.
ПАНАЧИН Ф. Г.
ПЕТРЯНОВ И. В.
РАЗУМНЫЙ В. А.
СКАЗКИН С. Д.
СОЛОВЬЕВ А. И.
ТИМОФЕЕВ Л. И.
ТИХВИНСКИЙ С. Л.
ТЯЖЕЛЬНИКОВ Е. М.
ХАЧАТУРОВ Т. С.
ХВОСТОВ В. М.
ЦАГОЛОВ Н. А.
ЦАРЕВ М. И.
ЧЕПЕЛЕВ В. И.

Заместитель
главного редактора
КУЗНЕЦОВ А. М.

Издательство
«Педагогика»
Москва
1971 г.

Земля

Научные редакторы тома:
ГЕРАСИМОВ И. П.
СОЛОВЬЕВ А. И.

Редактор-консультант
АБРАМОВ Л. С.

03:8ю
Д 38

К нашим читателям

У школьников часто возникают вопросы из разных областей науки, техники и искусства, на которые учебники либо совсем не отвечают, либо дают неполный ответ. Чтобы оказать учащимся помощь в овладении знаниями, Академия педагогических наук СССР издает для детей среднего и старшего возраста Детскую энциклопедию (коротко она обозначается двумя буквами — ДЭ).

Слово «энциклопедия» взято из греческого языка, где оно означает «круг знаний». Теперь энциклопедиями называются книги, содержащие отобранные в определенной системе научные сведения о явлениях природы и общественной жизни. В них кратко излагается то, что известно людям о природе, народах, хозяйстве, науке, технике, культуре и искусстве.

Здесь можно узнать, как люди покоряют и переделывают природу, как выращивают пшеницу и хлопок, делают бумагу, выплавляют чугун и сталь, создают машины и летают в космос; энциклопедии содержат сведения об электровозах, теплоходах, самолетах и метрополитене, о фотографии и кинематографии, телеграфе, радио, телевидении, об умных счетно-электронных машинах, о насекомых, птицах, рыбах и зверях, растениях и минералах, планетах и звездах, о странах и народах мира, о языке и литературе, живописи, скульптуре, музыке, театре, опере и балете, об ученых, путешественниках, политических деятелях, полководцах, писателях, художниках, артистах, спортсменах, космонавтах и о многом, многом другом. Этих сведений набирается столько, что они не умещаются в одну книгу, и энциклопедии обычно состоят из многих томов.

Детская энциклопедия состоит из двенадцати томов. В создании ее принимают участие ученые, опытные педагоги, писатели, художники. Авторы ДЭ старались писать статьи как можно проще и интереснее. Но темы статей неодинаково просты, поэтому для понимания более сложных и трудных вопросов требуются некоторые предварительные знания. Например, школьникам, которые только начали изучать геометрию, сразу будет трудно понять, как картографы создают различные карты с помощью разнообразных картографических проекций. Все же юные читатели сумеют получить общее представление об этом из статьи в ДЭ. Позже, когда геометрия будет лучше усвоена, статью следует прочитать еще раз, и тогда из нее можно будет вынести больше знаний.

ДЭ станет вашим спутником на протяжении нескольких лет вашей школьной жизни и постарается ответить на многие ваши вопросы. ДЭ содержит немало статей, которые пригодятся в работе кружков юных техников, натуралистов, художников и других, а некоторые статьи помогут подготовиться к практической деятельности и к выбору профессии по окончании школы. Если же вы проявите интерес к какой-либо определенной науке и захотите узнать о ней больше, чем рассказывается в ДЭ и учебниках, то вы найдете в нашей энциклопедии советы, что еще можно прочитать по интересующей вас области знания.

В каждом томе даются полезные советы нашим читателям: юным географам, биологам, астрономам, полеводам, животноводам, художникам, техникам и т. д.

Детская энциклопедия не обычная книга для чтения подряд, страница за страницей. Это справочное издание: к нему можно обращаться по отдельным вопросам, интересующим читателя.

В каждом томе ДЭ дается подробное содержание, из которого видно, какие статьи помещены в этом томе и кем они написаны. Кроме того, в конце тома помещены различные таблицы и указатели. Цель библиографического указателя — назвать наиболее интересные книги по вопросам, которым посвящен том. Словарь-указатель содержит в алфавитном порядке имена людей, названия предметов и явлений, описываемых в книге, а также дает краткое объяснение наиболее сложных понятий и терминов. Рядом стоящие цифры обозначают страницы, на которых можно найти в томе необходимые сведения.

В целях экономии места в ДЭ некоторые слова даются сокращенно. Читателю необходимо ознакомиться с этими условными обозначениями.

Главный редактор
Детской энциклопедии
А. И. МАРКУШЕВИЧ

Счастливого пути вам, путешественники в третье тысячелетие!

Книги Купера, Майн Рида, а позже Жюля Верна в детстве производили на меня сильное впечатление. Мы с братьями мысленно одолевали льды Арктики, поднимались на высокие горы, опускались в глубины океанов, охотились на слонов, львов и тигров. Мы играли в путешествия, вырезая из бумаги людей и животных, клеили из картона лодки и устраивали охоту на диких зверей, войну белых с индейцами, кораблекрушения. Мне очень нравились охотники, моряки и жюльверновские ученые, иногда смешные и рассеянные, но великие знатоки природы. Мне тоже хотелось сделаться ученым, естествоиспытателем, путешественником. Одно огорчало меня: Америка была открыта без меня, без меня совершены кругосветные путешествия, нанесены на карту материки и острова. «Белые пятна» нелегко было найти в географическом атласе. Ливингстон уже проник в дебри Центральной Африки, Пржевальский — в пустыни Центральной Азии. Увы, я опоздал родиться! Я знаю, многие из вас тоже мечтают о дальних странствиях, открытиях, изобретениях. Многие вздыхают тайком: как жаль, что открыты Америка и полюсы, как жаль, что я не живу во времена Колумба или Пржевальского, жаль, что я не родился раньше Можайского и Попова,— быть может, самолет и радио изобрел бы я!

Возможно, в таких мыслях виновата популярная литература, которая очень подробно, обстоятельно и восторженно говорит о достижениях прошлого и мельком, неохотно упоминает о неясном, невидимом, нерешенном.

А между тем не отдельные «белые пятнышки» — огромный океан неведомого окружает нас. И чем больше мы знаем, тем больше загадок задает нам природа. Океанское дно и атмосфера, недра Земли, планеты Солнечной системы еще ждут своих Колумбов и Пржевальских. Гигантские, еще не решенные задачи стоят перед советской наукой.

Требуется:

продлить жизнь человека в среднем до 150—200 лет, уничтожить заразные болезни, свести к минимуму незаразные, победить старость и усталость, научиться возвращать жизнь при несвоевременной, случайной смерти;

поставить на службу человеку все силы природы, энергию Солнца, ветра, подземное тепло, применить атомную энергию в промышленности, транспорте, строительстве, научиться запасать энергию впрок и доставлять ее в любое место без проводов;

предсказывать и обезвредить окончательно стихийные бедствия: наводнения, ураганы, вулканические извержения, землетрясения;

изготовлять на заводах все известные на Земле вещества, вплоть до самых сложных — белков, а также и неизвестные в природе: тверже алмаза, жароупорнее огнеупорного кирпича, более тугоплавкие, чем вольфрам и осмий, более гибкие, чем шелк, более упругие, чем резина;

вывести новые породы животных и растений, быстро растущие, дающие больше мяса, молока, шерсти, зерна, фруктов, волокон, древесины для нужд народного хозяйства;

потеснить, приспособить для жизни, освоить «неудобные» районы: болота, горы, пустыни, тайгу, тундру, а может быть, и морское дно;

научиться управлять погодой, регулировать ветер и тепло, как сейчас регулируются реки, передвигать облака, распоряжаться дождями и ясной погодой, снегом и жарой.

Трудно это? Необычайно трудно. Но это необходимо. Трудящиеся хотят жить долго, хотят жить в изобилии и безопасности, хотят быть полными хозяевами на своей земле, не зависеть от капризов природы. Значит, все это будет сделано. И все это будете выполнять вы, сегодняшние школьники, и не только те из вас, кто станет великими учеными, но и все остальные: токари и шоферы, трактористы и каменщики, медицинские сестры, ткачи, шахтеры... Великие задачи не решают одиночки: Волго-Донской канал строили не только авторы проекта. И уж, во всяком случае, все вы, все до единого, примете участие в выполнении самой великой, самой благородной и гуманной задачи человечества — строительстве коммунизма, в создании счастливой мирной жизни для всех советских людей.

Вы только начинаете свое путешествие в мастерство, в творчество, в науку, в жизнь. И мне, старику, который прошел много верст по неисследованным землям, много искал в дебрях науки, хочется дать вам, начинающим путешественникам, несколько напутственных советов.

Любите трудиться! Самое большое наслаждение и удовлетворение приносит человеку труд. Добывайте право сказать: «Я делаю нужное дело, моей работы ждут, я приношу пользу». И если вы встретите трудности, безвыходные, казалось бы, тупики, сопротивление старого, может быть, даже равнодушие и непонимание, вас всегда поддержит мысль: «Я делаю нужное дело».

Не отрекайтесь от мечты! Я разумею юношеские мечтания об открытиях, о творчестве. Есть люди, которые легко уступают обстоятельствам, сдаются после неудачного экзамена, при семейных или служебных затруднениях. Но затруднения проходят, а время упущено, и остается горькое сожаление о жизни, прожитой без огня, растраченной на мелочи, на труд, лишенный радости.

Дерзайте! Беритесь за большие дела, если вы беретесь всерьез. Способности, как и мускулы, растут при тренировке. Большие открытия не всякому по плечу, но кто не решается пробовать, наверняка ничего не откроет. Вы должны далеко уйти от своих дедов и прадедов.

...Во время моей молодости не было самолетов, кино, радио, электричества. Еще не было железной дороги через Сибирь, я ехал в Иркутск в тарантасе. Для меня радиоприемник — великое достижение. Для вас — привычный предмет в комнате. Вы начинаете у нас на плечах, вам надо высоко забраться. Больше пятидесяти лет я прожил при царском режиме. Я тратил силу, энергию, обогащая золотопромышленников, меня уволили из института за мои убеждения. Я мог только мечтать о строе, где труд будет в почете. А вы родились в свободной стране, в стране, где каждый может получить образование, где уважают творческий труд. Так пусть же ваш труд, ваши мечты будут достойны социалистической Родины, пусть ваши достижения будут самыми передовыми в мире!

Не скрывайте своих намерений, не держите замыслы в секрете. Это не скромность, а, наоборот, гордость, ложный стыд и жадность старателя-собственника,

хранящего для себя золотую жилу. Если ваше предложение на самом деле золотое, вы не сможете разрабатывать его в одиночку, если вы обманулись — зачем вам тратить время, вам сразу укажут ошибку. Меня часто упрекали, что я тороплюсь, публикуя наблюдения. Но я не жалел об этом ни разу. Иные находки я не смог осмотреть как следует сам, за меня довели работу другие. Так, в пустыне Гоби я нашел зуб носорога, а, идя по моим следам, большие экспедиции обнаружили целые кладбища вымерших животных. Иногда мои статьи встречали возражения, я выслушивал их, возвращался к теме, искал новые факты, расширял ее. Таким образом, не только советы друзей, но и возражения моих научных противников помогли в работе.

Будьте принципиальны. Нам нужна истина, и только истина. Не старайтесь угодить приятелям, никого не обидеть. На этом пути вы найдете, может быть, спокойствие и даже благополучие, но пользы не принесете никакой.

Но не рассчитывайте на легкую победу, на открытие с налета, на осенившую вас идею. Все, что лежало под руками, давно уже подобрано и проверено. Только на новых фактах, на новых наблюдениях можно строить новые достижения. Факты — это кирпичи, из которых слагается человеческий опыт, это ваше орудие в творчестве.

Неустанно ищите факты, собирайте их в природе и в книгах, читайте хорошие учебники от доски до доски и, кроме того, книги, не входящие в программу. Изучайте свою специальность досконально, но не жалейте времени и на чужую. Геолог, прекрасно знающий геологию,— ценный человек, а знающий, кроме того, географию, химию или ботанику — возможный изобретатель.

В заключение мне хочется пожелать больших успехов в труде и науке чудесной советской молодежи, всем юным читателям — будущим рабочим-новаторам, мастерам высоких урожаев, исследователям, изобретателям.

Герой Социалистического Труда
академик

Современные науки о Земле

О чем пойдет рассказ в этом томе

Из единого корня и общих потребностей

Одной из самых древних наук, возникших еще на заре развития человеческого общества, была наука о Земле — география, или землеописание. Ее развитию способствовали многочисленные и разнообразные путешествия предприимчивых людей, в ходе которых накапливались разнообразные знания о Земле. Видимо, в самой натуре человека заложено неутолимое стремление, покинув привычные родные места, увидеть другую природу, чужой народ, познакомиться с его обычаями, образом жизни. И даже сейчас, в наше время, когда существует множество географических книг с подробным описанием природных условий, состава и образа жизни населения и особенностей хозяйства всех стран и районов мира, тяга к путешествиям у людей самого различного возраста и рода занятий не только не ослабевает, а, наоборот, усиливается. Каждого из нас непреодолимо манят далекие горизонты окружающего мира, наблюдение и изучение которого приближает нас к очень интересной, но сложной науке — географии и другим наукам о Земле.

Извечный романтизм географических путешествий всегда имел под собой жизненно необходимую опору. Окружающая нас природа служит первоисточником всех материальных средств существования человеческого общества, постоянный рост населения Земли и непрерывное развитие его материально-технической культуры настойчиво выдвигали требования о все более полном удовлетворении потребностей человека в естественных ресурсах природы. Поэтому с течением времени важнейший процесс взаимоотношений человеческого общества с окружающей его природой непрестанно расширялся.

В далекие доисторические времена вся жизнь первобытного человека сильно зависела от стихийных явлений природы.

На протяжении многих десятков тысяч лет он довольствовался только сбором плодов естественной растительности и охотничьим промыслом диких животных. От географического расположения местности, климатических условий, времени года и размера урожая съедобных плодов, от собственной неутомимости, смелости и охотничьей удачи зависело все незавидное жизненное благополучие первобытного человека.

По мере овладения навыками примитивного земледелия и первых успехов в приручении и разведе-

нии домашних животных возрастало и воздействие человека на окружающую природу. Постепенное развитие культурного земледелия и животноводства растянулось на несколько тысяч лет, в ходе которых человек непрерывно расширял пахотные земли и кормовые угодья. Процесс этот протекал все быстрее и быстрее, и понадобились всего лишь сотни лет для окончательного сельскохозяйственного освоения почти всех пригодных для этих целей земель, сначала лучших, а затем и более посредственных. Одержав, таким образом, значительную победу над природой, человечество создало новые источники питания и других материальных благ, которые уже в меньшей степени зависели от стихийных бедствий — засух, неурожаев, эпизоотий и т. д.

Разделение наук о Земле

Промышленная революция, развернувшаяся с конца XVIII в., определила переход человечества от кустарного ремесла к индустриальному производству и тем самым круто изменила отношение людей к окружающей природе. Усиливающаяся потребность в различных минеральных ресурсах и других природных веществах, необходимых для промышленного развития общества, дала толчок новым поискам каменного угля, руд железа и цветных металлов. К концу прошлого и началу XX столетия использование всех природных богатств интенсивно растет, а потребность в них приводит к захватническим войнам между наиболее развитыми капиталистическими странами и к грабительской эксплуатации колониальных владений.

И сегодня стремительные темпы универсальной технизации всех сторон нашей повседневной жизни тесно зависят от дальнейшего наиболее эффективного освоения естественных ресурсов Земли. Традиционное сельскохозяйственное использование земель и наземных биологических ресурсов, т. е. диких и культурных растений и животных, все более и более расширяется, приобретает индустриальный характер. Среди минеральных ресурсов, необходимых для дальнейшего развития промышленности и транспорта, на одно из главных мест выходят нефть и газ, на базе переработки которых энергично развивается производство синтетических веществ и материалов с новыми ценными свойствами. В сферу хозяйственного освоения человек все более широко включает гидравлическую энергию рек и морских приливов, внутриатомную энергию, а также энергию внутреннего тепла земной коры. Резко увеличивается морской рыбный промысел, предпринимаются первые шаги по освоению полезных ископаемых океанского дна.

В недалеком будущем возможно использование в земном хозяйстве человека еще неведомых ресурсов космического пространства. Перспективы человечества в овладении силами природы, его власть над окружающей естественной средой уже сейчас кажутся безграничными.

История показывает, что зарождение и развитие всех наук всегда были тесно связаны с удовлетворением жизненных запросов человеческого общества. Именно поэтому в ногу со все убыстряющимся техническим прогрессом изменялись и развивались науки о Земле, постепенно превратившиеся из единой некогда географии, или землеведения, в мощное и разветвленное содружество наук.

Настоящим «золотым» веком классического землеведения была эпоха Великих географических открытий XV—XVII вв. (см. стр. 329—339 нашего тома), а также последовавший за ними период освоения вновь открытых и малоизученных обширных территорий наиболее развитыми державами. В этот сравнительно короткий исторический промежуток времени были открыты и заселены европейцами Северная и Южная Америка. Стали известны и доступны внутренние районы Азии и Африки, Австралии и других районов мира. В результате были заложены важнейшие предпосылки для нового этапа в развитии материальной культуры человеческого общества. При этом весьма значительную роль играла географическая наука — главная наука о Земле того времени.

Другие науки о Земле, например метеорология или геология и их ветви, в этот период лишь начинали формироваться. Их первые обобщения в значительной мере были связаны с успехами общего землеведения, поскольку фактический материал собирался в ходе общегеографических экспедиций. Обогащались они и данными других наук — физики, химии, биологии.

В период XVII—XIX вв. впервые была создана вполне достоверная географическая карта всего мира со многими конкретными подробностями по устройству земной поверхности и разнообразными особенностями океанов, получены первые представления о геологическом строении континентов, о различии их климатов, о составе растительного покрова и животного мира. Таким образом, помимо создания общей географической картины мира в рассматриваемый период были заложены основы для

быстрого развития всей системы наук о Земле, хотя их истоки восходят еще к глубокой древности. Крупнейшими разделами наук о Земле, впоследствии разделившимися на ряд родственных наук, были прежде всего: *геология*, или наука о строении земных недр и их минеральных богатств; *физическая география*, охватывающая все главные сведения об устройстве земной поверхности (орография), ее гидрографии, т. е. строении речной сети и других вод суши, растительном покрове и животном мире; *океанография* и *метеорология*, изучающие главные свойства океанов, морей и атмосферы.

В создание каждой из этих наук и всей их совокупности вложен огромный труд большого числа пытливых путешественников и наблюдателей, исследователей и философов — ученых многих стран мира. Но особенно яркий след оставили наиболее выдающиеся из этих деятелей, сумевшие обобщить разнообразные конкретные географические, геологические и метеорологические наблюдения и частные выводы в плодотворные научные концепции. Среди таких титанов научной мысли, в классических трудах которых были заложены непосредственные истоки современной теории наук о Земле, были энциклопедически разносторонний русский ученый М. В. Ломоносов, с именем которого связаны многие направления современной географии и геологии; шотландский ученый Джеймс Геттон; немецкий геолог Абраам Вернер и англичанин Чарлз Лайель, ставшие наряду с М. В. Ломоносовым основоположниками геологической науки и горного дела; голландский ученый Бернхардус Варениус и немецкий географ Александр Гумбольдт — основатели физической географии, океанографии и метеорологии; швед Карл Линней и англичанин Чарлз Дарвин, которые внесли огромный вклад в изучение растительного покрова и животного мира Земли.

Вклад русских ученых

Значителен вклад русских ученых, чему способствовало разнообразие природы нашей обширной страны. Они установили важнейшие закономерности формирования геологической структуры земной коры и выдвинули учение о природных зонах и многообразных физико-географических процессах, формирующих природную среду и ее естественные ресурсы. Особенно большую роль в развитии геологической науки сыграли труды А. П. Карпинского, И. В. Мушкетова, В. А. Обручева, А. П. Павлова, Ф. Н. Чернышева, И. Д. Черского и других. П. А. Кропоткин на основании своих наблюдений в Сибири разработал научную теорию о древнем ледниковом периоде в истории Земли. В области метеорологии всемирную известность приобрели работы А. И. Воейкова, который раскрыл сущность многих климатических процессов и обосновал возможности искусственного воздействия на климат. В развитии русской физической географии особенно важную роль сыграли П. П. Семенов-Тян-Шанский, под руководством которого было впервые составлено полное географическое описание нашей страны под названием «Россия»; Д. Н. Анучин, развивший русское землеведение, и В. В. Докучаев — основоположник современного почвоведения и учения о зонах природы. Имена выдающихся русских ботаников В. Л. Комарова, Г. И. Танфильева и зоолога Н. А. Северцова неразрывно связаны с созданием научных школ в биологических отделах наук о Земле. Наконец, огромный общий вклад в развитие океанографии внесли знаменитые русские мореплаватели И. Ф. Крузенштерн, Ф. Ф. Белинсгаузен, М. П. Лазарев, Ф. П. Литке и другие, крупнейшие океанографы С. О. Макаров, Ю. М. Шокальский.

Следует отметить, что передовые русские ученые обладали необычайно широкими научными взглядами. Развивая конкретную область науки, изучая свой объект исследования, они всегда увязывали их с общими представлениями современного им естествознания, с явлениями и процессами, связывающими воедино всю природу Земли в целом.

Прогрессивные основы наук о Земле, созданные русскими учеными, получили особенно плодотворное развитие после Великой Октябрьской социалистической революции.

Социалистическая реконструкция народного хозяйства в нашей стране, создание новых индустриальных районов и коренная модернизация старых, расширение и повышение продуктивности сельского хозяйства и развитие буквально всех отраслей экономики нуждались в незамедлительном выявлении и использовании все новых естественных ресурсов, и притом в нарастающих количествах. Для этого было необходимо развивать современные науки о Земле; они стали особенно быстро расти по мере укрепления экономической мощи первой в мире страны победившего социализма.

Характерно, что в царской России не было ни одного крупного научно-исследовательского института в области наук о Земле: изучение природы вели главным образом научные общества, музеи, преподаватели вузов. Не было и единой гидрометеорологической

сети. Поэтому с первых же дней установления Советской власти по указанию В. И. Ленина в нашей стране складывается целая система научных учреждений — Академии наук, Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ), Наркомата просвещения и ряда производственных наркоматов. Тогда же закладываются основы будущей сети учреждений наук о Земле не только в Москве и Петрограде, но и на периферии, в бывших окраинах царской России, ставших союзными республиками. Кроме того, для скорейшего и бесперебойного удовлетворения потребностей растущего народного хозяйства в минеральном сырье и всех других видах природных ресурсов создается специальная система государственных научно-производственных служб. Картографическая служба обеспечила высокую современную степень топографо-геодезической изученности нашей Родины, составление и издание превосходных географических карт и атласов. Геологическая служба вела и ведет геологическую съемку, разведку и открытие обширного числа крупнейших месторождений различных видов полезных ископаемых. Гидрометеорологическая служба организовала массовую сеть наблюдательных станций, накопившую огромную информацию о климатических и водных ресурсах на обширной территории страны, которая позволила осуществить метеорологические и гидрологические прогнозы. Службы земле- и лесоустройства провели большую работу по изучению земельных фондов, естественных кормовых и лесных ресурсов, наземной и водной фауны, способствовали организации их охраны и рационального использования.

Широкий фронт исследований, проведенных за годы Советской власти, создал благоприятные условия для развития наук о Земле, что способствовало формированию ряда исследовательских направлений, занявших ведущее положение в мировой науке.

Так, в области геологии в трудах А. Д. Архангельского, Д. В. Наливкина, Н. С. Шатского, Н. М. Страхова и других были развиты новые историко-геологические и структурно-тектонические направления, основанные на учении о главных этапах геологической истории Земли, уточнена система современных понятий; в работах В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, А. Н. Заварицкого, А. П. Виноградова и других выдающихся советских ученых были разработаны новые принципы и методы изучения вещественного состава Земли и ее оболочек, а также условия образования различных горных пород. Большая плеяда советских геологов — А. Н. Заварицкий, С. С. Смирнов, И. М. Губкин, Д. И. Щербаков и другие — разработала теорию формирования различных полезных ископаемых и выдвинула блестяще оправдавшие себя научные прогнозы для поиска месторождений различных руд, угля, нефти, газа.

Советская география сейчас — это сложная система научных дисциплин, изучающих природу, хозяйство, население своей страны и всего мира. Вместе с выявлением и изучением различных видов природных ресурсов на долю советской географической науки в значительной мере пала ответственность за наиболее эффективное экономическое развитие и географическое размещение производительных сил в различных районах страны. В последнее время большое внимание исследователей-географов было привлечено к научной разработке планов целенаправленного преобразования природы с помощью крупного гидротехнического строительства, межбассейновой переброски речных вод, проведения обширных мелиораций — орошения, обводнения, осушения, полезащитных лесонасаждений и т. д. Важное место заняли исследования по проблемам населения, развития городов, населенных пунктов, транспортных путей и др. Ко всем этим работам теперь применяется термин *конструктивные исследования*, который подчеркивает, что география помимо воспитательных и познавательных целей активно включается в решение важнейших задач народнохозяйственного развития.

Достижения общей теории советской географии во многом обязаны Л. С. Бергу, заложившему основы ландшафтоведения, А. А. Григорьеву, который развил учение о роли баланса тепла и влаги в природных процессах, и Н. Н. Баранскому, разработавшему научные основы экономической географии.

В общих рамках географических наук весьма успешно развивались *геоморфология* — наука о рельефе земной поверхности, образованном в результате взаимодействия внутренних и внешних сил (Я. С. Эдельштейн, А. А. Борзов и др.); *гляциология* — наука о ледниках, их образовании и движении; *мерзлотоведение* — учение о подземных льдах, мерзлых грунтах и горных породах (М. И. Сумгин и др.); *климатология*, особенно в исследовании радиационного баланса как основного климатообразующего фактора, движения и взаимодействия воздушных масс, влагооборота, влагопереноса и микроклимата; *гидрология*, много сделавшая в изучении поверхностного и речного стока, водного баланса территории (В. Г. Глушков и др.); *почвоведение*, которое продолжило изучение генетических типов почв и структур почвенного покрова (К. Д. Глинка, С. С. Неуструев, Л. И. Прасовлов, Б. Б. Полынов и др.); *геоботаника* и *зоогеография* как в изучении географии растений и животных, так и в развитии учения о биогеоценозах, их динамике, биологической продуктивности (В. Н. Сукачев и др.).

Самостоятельное развитие получила такая наука, как *океанология*.

Помимо замечательных географических исследований в арктическом бассейне (П. П. Ширшов, В. Ю. Визе, Н. Н. Зубов и др.), а в последние годы в связи с международными работами в Антарктике огромную роль в этом отношении сыграли многочисленные океанские рейды исследовательских кораблей «Витязь» и других, открывшие в океанологии новые горизонты.

Кроме совершенно новых представлений о физических явлениях в океане интереснейшие открытия были сделаны в *гидробиологии* (Л. А. Зенкевич и др.), а также в строении океанского дна и составе донных осадков. Например, в океане были обнаружены целые системы подводных морских хребтов и впадин.

Несомненно, что в этой области наук о Земле нас ждет еще много нового.

Новые подходы и методы

В настоящее время сильнейшее влияние на развитие наук о Земле оказывают новейшие успехи физики, химии, биологии, математики. Так, в современной системе наук о Земле все более важное место занимают *геофизические* исследования, в которых применяются подходы и методы современной физики. Они позволяют гораздо глубже проникнуть в физическую сущность разнообразных процессов, протекающих в недрах Земли (например, при изучении движений земной коры, распространения в ней упругих и других деформаций, проявляющихся при землетрясениях, изменений силы тяжести, магнитных свойств), в водной и воздушной оболочках (физика моря и физика атмосферы), а также на земной поверхности (механика грунтов, гидромеханика, физика природных ландшафтов и т. д.).

Революционизирующее значение в развитии современных наук о Земле приобретают *геохимические* исследования. Современная физико-химия дает возможность совершенно по-новому изучать и понимать различные глубинные процессы, протекающие в недрах и на поверхности Земли, которые определили различный состав и свойства горных пород, вулканические явления, процессы выветривания, образование разнообразных месторождений полезных ископаемых. Все более возрастает значение *биогеохимических* исследований роли живых организмов в накоплениях и миграции на земной поверхности и в пределах так называемой *биосферы* (земная поверхность и прилегающие к ней пространства, населенные жизнью) разнообразных химических элементов и их соединений. Особая роль в прогрессе наук о Земле принадлежит также *радиохимии*, т. е. изучению и использованию радиоактивных веществ, в частности для радиометрических измерений (абсолютного возраста горных пород, почв, остатков растений, животных и др.).

Применение новейших достижений современной математики в науках о Земле, и прежде всего принципов и приемов математической статистики, вычислительной техники, математического моделирования и кибернетики, находится в целом еще на начальном этапе. Но в некоторых научных направлениях математика продвинулась настолько далеко, что стала необходимым орудием в исследовательских работах и научно-практических разработках. В наибольшей степени это относится в первую очередь к современным геофизическим исследованиям, к математической статистике и новой вычислительной технике. Однако поисковыми исследованиями с использованием математики (математического моделирования и кибернетического анализа) охвачены в настоящее время почти все области наук о Земле (геология, география, метеорология и т. д.). Несмотря на значительные трудности таких работ, сложность самих объектов и малый опыт проведенных исследований, необходимость особой, двойной квалификации специалистов в области науки о Земле и математики, большая перспективность научных поисков с помощью математики несомненна.

В самое последнее время особое влияние на дальнейшее развитие наук о Земле начинают оказывать космические исследования. Помимо крайне интересных для науки сведений о свойствах околоземного космического пространства, а также изучения Солнца и планет Солнечной системы с точки зрения их воздействия на Землю исключительно широкие перспективы открывают использование космических фотографий земной поверхности и изучение ее свойств (а также различных свойств земных недр, гидросферы и атмосферы) с помощью различных дистанционных методов. Они сводятся к регистрации и расшифровке изображений, полученных в результате отражения от земной поверхности солнечного света, собственного излучения среды или сигнала, посланного на Землю. Ученые только начинают первые исследования в этом направлении, но уже совершенно ясно, что науки о Земле получат от таких материалов и методов новые мощные импульсы для дальнейшего развития.

Единство наук о Земле

Таким образом, мы рассмотрели целую систему наук о Земле, постепенно развивавшихся из единой географии, или землеописания, и ставших в известной мере самостоятельными, со своими институтами, кадрами, литературой, теоретическими и практическими задачами. Развитие каждой из этих наук и все более узкая специализация проводимых исследований заставляют сейчас задуматься о том, в чем же состоит их единство, существует ли оно вообще, нужно ли и полезно. Вопрос этот возникает не только у пытливого школьника и студента, но и у маститых ученых.

Однако на самом же деле науки о Земле не только специализируются и расходятся, но и перекрещиваются, образуя новые дисциплины на стыке отдельных наук, и развиваются все вместе, одной семьей, взаимно обогащая друг друга, так как у них один объект исследований — Земля, в природе которой все явления и процессы тесно взаимосвязаны. Теперь наука все больше исследует единство вещества Земли, баланс ее энергии, глобальные процессы, объединяющие как различные сферы и оболочки Земли, так и отдельные участки ее поверхности.

Кроме того, окружающая нас природа, географическая среда, с которой мы сталкиваемся в повседневной жизни, на которую мы воздействуем в процессе хозяйственной деятельности, состоят хотя и из различных, но тесно взаимосвязанных элементов: горных пород и почвы, климата и воды, растительности и животного мира. Все они непосредственно зависят друг от друга и поэтому должны обязательно изучаться как порознь различными науками, так и совокупно.

В изучении природной среды как единого целого и ее взаимодействия с обществом большая роль принадлежит той современной географии, которая объединяет усилия отдельных наук о Земле. Она исследует биосферу Земли, или сферу жизни (синонимами этого широкого понятия, принятыми главным образом у географов, служат географическая оболочка или ландшафтная сфера Земли), в которой взаимодействуют литосфера, атмосфера, гидросфера и развивается жизнь. При этом, наряду с изучением процессов, присущих всей Земле в целом, а также отдельных слагающих географическую среду компонентов (воды, почвы, растительности и т. д.), география изучает и отдельные территориальные ее части — *природные комплексы*. Эти комплексы (их называют по-разному: ландшафтами, биогеоценозами, экосистемами) обладают внутренним единством, и воздействие на один из компонентов природного комплекса вызывает изменение других. На изучении этого взаимодействия, на сознательном его использовании основывается теория прогноза воздействия человека на природу, ее конструктивное преобразование. И поэтому древняя география, послужившая когда-то родоначальницей наук о Земле, должна, по нашему мнению, играть и в настоящее время очень важную роль в их объединении для решения сложной проблемы взаимодействия природы и общества. Попытаемся заглянуть в будущее наук о Земле.

Заглянем в будущее

Мы не только ясно понимаем, но и непосредственно ощущаем, что живем в период стремительно развивающегося научно-технического прогресса. Наша повседневная жизнь все более и более технизируется, т. е. насыщается различными механизмами, вплоть до автоматических, сильно облегчающих и даже заменяющих многие наши необходимые и естественные действия. Современный быт заполняется разнообразными искусственно созданными материалами и веществами. Кажется, что мы все далее уходим от естественной природы. И вот, несмотря на все возрастающие условия материального комфорта, нас по-прежнему, а может быть еще сильнее, тянет на лоно природы, на открытые просторы лугов, в зеленую чащу лесов, на спокойную гладь рек и озер. Это становится все более необходимым для отдыха людей, восстановления физических и моральных сил.

Как мы уже видели ранее, с развитием человеческого общества возрастали потребности в разнообразных ресурсах природы, взаимоотношения человека с природой все усложнялись. Несколько схематизируя эту большую и сложную проблему, можно выделить по крайней мере два главных этапа в этих взаимоотношениях.

На первом этапе человек брал от природы так мало, что она без потерь могла быстро восстановить взятое у нее. В этот период баланс обмена веществом и энергией между природой и человеческим обществом складывался еще в пользу природы, которая если и обеднялась, то очень медленно. Человек еще мог быть достаточно беззаботным в своих взаимоотношениях с природой.

Второй этап наступил, когда баланс обмена веществом и энергией резко нарушился. Человечество стало брать от природы больше того, что она может восстановить, или так много, что основной запас естественных ресурсов — потенциальный «капитал» природы — начал зримо сокращаться и исчезать. В этот период, связанный с бурным развитием производительных сил, человек уже не мог или не должен был позволить себе беззаботного отношения к природе. Ему необходимо было либо сократить свои потребности и требования к природе, что практически невозможно, либо, подсчитав общий баланс своего материально-энергетического «обмена» с природой, сознательно пойти на более планомерный, сообразующийся с ритмами восстановительных процессов режим в использовании естественных ресурсов, и одновременно применить различные меры, которые обеспечили бы повышение восстановительных сил природы и общее увеличение ее ресурсного потенциала.

Человек — член общества с его производственными и социальными отношениями. В распоряжении отдельного человека или во владении группы людей находится лишь ограниченная часть естественных ресурсов (например, то или иное месторождение полезного ископаемого, земельный или лесной массив, внутренний водоем и т. д.). Но ведь значительная часть окружающей нас природы практически неделима (атмосфера, большая река, морской бассейн, вся биосфера и т. д.), и даже ее отдельные части (участки, природные комплексы) настолько тесно связаны друг с другом, что любое существенное изменение каждого из них будет глубоко влиять на всю географическую среду. Поэтому во всех основных взаимоотношениях человека с природой главное, решающее значение имеет коллективный, общественный фактор. Именно человеческое общество, взятое в целом, или какие-то крупные его подразделения обязаны последовательно проявлять сознательное, планомерное воздействие на всю окружающую его природу, заботясь о поддержании и даже расширенном воспроизводстве ее ресурсов.

Сейчас человечество находится на втором этапе своих взаимоотношений с природой. Высокий уровень индустриализации, урбанизации и вообще технизации жизни в наиболее развитых государствах мира определяет особенно напряженные современные взаимоотношения человека с природой.

Помимо угрозы постоянного исчерпания естественных богатств, необходимых для дальнейшего экономического развития, достигнутый в этих странах уровень индустриализации все губительнее влияет на природу, загрязняя ее и отравляя разнообразными промышленными и бытовыми отходами. Под давлением общественного мнения в странах капитала сейчас очень много говорят о высокой ответственности человеческого общества перед природой, о недопустимости дальнейшей «беззаботности» и предполагают предпринять различные меры по упорядочению использования естественных ресурсов и охране природной среды. Однако капиталистическое общество не может радикально решить эти проблемы. Наряду с осуществлением отдельных, иногда весьма крупных проектов, главным образом в богатых и развитых государствах, получающих прибыли за счет эксплуатации отставших в экономическом отношении народов, успешному разрешению этой сложной проблемы в странах с капиталистическим строем препятствуют существующие в этих странах социальные причины; они всегда будут тормозить индивидуальное проявление заботы о природе. Такая забота здесь почти всегда приходит в неразрешимое противоречие с социально-экономической основой капитализма, и прежде всего с правом на частную собственность на землю и на другие естественные ресурсы, а также на средства производства, с погоней за безграничной прибылью при эксплуатации естественных ресурсов.

Лишь в совершенно другой социальной формации — в социалистическом и коммунистическом обществе — создаются объективные условия для успешного кардинального решения проблемы взаимоотношения человека и природы. Общая забота о неуклонном повышении материального благосостояния всего общества, об улучшении условий жизни будущих поколений людей, гармоничное сочетание потребностей и забот отдельного человека с общественными интересами, записанными в Программе КПСС, создают необходимую социальную основу для эффективного практического решения этой проблемы. И во всех крупных государственных мероприятиях по освоению естественных ресурсов, намечаемых и проводимых на территории нашей страны, мы всегда видим неуклонное и последовательное проявление огромной заботы нашей партии и правительства о рациональной охране природной среды, о сохранении и улучшении ее наиболее благоприятных для жизни людей свойств.

Поэтому именно наш передовой социальный строй, способный полноценно разрешить проблему рационального взаимоотношения общества и природы, особенно нуждается в науке, способной указать методы и пути для соответствующих практических действий. И вот теперь мы возвращаемся к наукам о Земле, к прогнозу их ближайших задач и перспектив развития.

Наука об управлении природной средой

Длительный период своей истории древняя наука география, а позднее науки о Земле изучали природу земной поверхности, ее недра и прилегающую атмосферу — расширяли «земной кругозор» людей. В процессе изучения были сделаны многочисленные географические и геологические открытия, познаны многие законы взаимодействия земной поверхности с воздушной оболочкой, гидросферой и земной корой, обусловливающие единство и дифференциацию географической среды.

Накопленные научные знания использовались для удовлетворения жизненно важных потребностей человечества в практическом использовании естественных ресурсов природы.

С течением времени такие потребности неуклонно увеличивались и расширялись. Перед науками о Земле выдвигались все более разнообразные и обширные задачи. Они сводились в конце концов к более углубленному и многостороннему изучению Земли как источника естественных ресурсов, причем в ходе этого изучения науки о Земле развивались, усложнялись и дифференцировались.

Поскольку потребность в использовании естественных ресурсов для человеческого общества неисчерпаема, то бесконечным является и дальнейшее развитие наук о Земле по тому пути, которым они шли вплоть до новейшего времени. Однако в условиях все более ускоренного научно-технического прогресса перед нашими науками возникают и требуют быстрейшего разрешения совершенно новые и ответственные задачи.

На современном этапе взаимоотношения человеческого общества с природой, при более интенсивной эксплуатации ее естественных ресурсов, одной из главных задач наук о Земле становится разработка рациональных путей и приемов планомерного, целенаправленного управления природой, восстановления, умножения ее богатств и улучшения свойств природной среды жизни человечества.

Все усложняя и обостряя наши взаимоотношения с природой, стремительный научно-технический прогресс одновременно вооружает современное общество все более глубоким пониманием физической сущности процессов и явлений, протекающих в природной среде. Поэтому, непрерывно увеличивая свои требования к естественным ресурсам природы, усиливая свое общее влияние на природную среду, часто в совершенно новых и порой довольно опасных направлениях (увеличение радиоактивности природной среды, ее загрязнение и обогащение новыми искусственными веществами), современное человечество не только не утрачивает своих возможностей, а, напротив, все больше обогащается средствами для успешного решения вековечной проблемы взаимодействия общества и природы.

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXIV съезду Коммунистической партии Советского Союза, в решениях съезда подчеркивается, что мы можем и должны так вести дело, чтобы оставить природу улучшенной для будущих поколений.

Но для успеха такого решения необходимо дальнейшее развитие наук о Земле, широкое и эффективное использование в практике их новейших теоретических достижений.

Директивы съезда ставят перед наукой ответственные задачи по разработке новых путей более широкого использования естественных ресурсов на основе достижений технического прогресса, охраны и преобразования природы.

Таким образом, можно сказать, что современные науки о Земле, и среди них в первую очередь современная конструктивная география, из наук познавательных, обслуживающих вековечную потребность человечества в использовании естественных ресурсов природы, превращаются в настоящее время в науку о целенаправленном управлении окружающей нас природной средой. Приобщиться к этой одновременно старой и новой науке, стать ее помощником и союзником, а тем более непосредственным участником — создателем — цель, которая не может не привлечь к себе молодое горячее сердце и юный пытливый ум. А ведь дальнейшее успешное развитие каждой науки более всего зависит от непрерывного и все возрастающего притока в нее новых свежих и талантливых сил.

Такое общее напутствие хочется сделать пытливому молодому читателю, приступающему к чтению нашего тома. Однако надо снова повторить, что энциклопедия — это не учебник, в ее тексте рассказывается главным образом о том, каковы наши современные представления о Земле в целом и об отдельных ее компонентах, о замечательных, практически важных особенностях и явлениях окружающей нас природной среды.

Рассказ этот ведется в определенной системе, но это не полное изложение конкретного содержания различных наук о Земле, а сжатое повествование об их главных достижениях и отчасти о роли в познании Земли и о тех задачах, которые надлежит решать ученым в будущем.

Как создавалась эта книга

Эта большая книга написана группой советских ученых, работающих в области наук о Земле. Вряд ли в наше время ее мог составить один человек, даже если бы он был сверхученым и затратил на это много лет. Задача книги — рассказать читателям основное, что мы знаем сейчас о нашей планете, ее форме и размерах, строении недр, рельефе поверхности, составе и свойствах водной и воздушной оболочек, живой природе Земли — о биосфере.

Рассказ этот было необходимо сделать возможно более полным, но вместе с тем и сжатым, т. е. включающим сведения лишь о самых важных чертах и особенностях современной природы Земли. Но вместе с тем было бы скучно поместить в книге только длинный перечень различных фактов, цифр, географических и геологических описаний. Книгу надо было сделать не только справочной энциклопедией, но и такой, чтобы она представляла собой систематический научный рассказ, имеющий определенную внутреннюю логику в характере изложения, размышлений и во взаимной связи сообщаемых сведений.

Прежде всего было необходимо сделать ее научно-популярной, т. е. понятной и интересной читателям, не имеющим специальной научной подготовки, но вместе с тем вполне соответствующей современному теоретическому уровню науки. Этого можно добиваться разными путями, однако было решено дать в книге по возможности полное и точное научное объяснение сообщаемым фактам, т. е. заинтересовать читателя не столько формой, сколько сущностью изложения. При этом было необходимо сохранить определенное единство изложения и цельность всей книги. Такую задачу решили путем разработки четкой структуры, т. е. определенного порядка изложения материала. Принятый порядок и определил структуру содержания настоящей книги.

Как видно из помещенного ранее оглавления, книга делится на двенадцать разделов. Первый из них содержит общенаучные сведения о Земле как планете — о ее размерах, форме, делении на оболочки, о методах измерения и изображения на плане, карте и глобусе. Следующие пять разделов сообщают главные сведения о природе Земли и ее отдельных оболочек. Так, второй раздел книги посвящен рассказу о строении недр Земли (внутреннее строение, состав и свойства горных пород, геологическая история, полезные ископаемые); третий — рельефу земной поверхности (суши и дна океанов) и современным геологическим процессам; в четвертом рассматривается водная оболочка Земли, или гидросфера (океан, реки, озера, ледники); в пятом — воздушная оболочка, или атмосфера (состав и свойства атмосферы, ее грозные явления, климат), и, наконец, в шестом — оболочка жизни, или биосфера, т. е. почвенный и растительный покровы и животный мир Земли вместе со средой, их окружающей.

Рассказ о природе Земли завершается небольшим разделом о формах использования природы человеком и его воздействии на природу, а также сжатым очерком о современном населении земного шара. Далее следует сравнительно обширный раздел «Как изучали земной шар», в котором излагаются главные эпизоды из истории географического изучения материков и океанов, от самых древних и средневековых до новейших, вплоть до современного изучения Арктики и Антарктики, а также земных недр. Книга завершается сжатым разделом «Изучайте свой край» и справочным разделом, содержащим общегеографические и библиографические сведения.

Мы считаем, что настоящая книга, несмотря на свой большой объем, конечно, не исчерпывает своего предмета. Тем не менее очень хочется надеяться, что основные цели, поставленные перед создателями этой книги, все же достигнуты и, таким образом, наша советская молодежь получила новое полезное внешкольное пособие, которое поможет ей ознакомиться с современным состоянием и некоторыми перспективами развития наук о Земле.

Академик
И. П. ГЕРАСИМОВ

Наша планета Земля

Представления древних о Земле

Правильное представление о Земле и ее форме сложилось у разных народов не сразу и не в одно время. Однако, где именно, когда, у какого народа оно было наиболее правильным, установить трудно. Уж очень мало сохранилось об этом достоверных древних документов и материальных памятников.

По преданию, древние индийцы представляли себе Землю в виде плоскости, лежащей на спинах слонов.

До нас дошли ценные исторические сведения о том, как представляли себе Землю древние народы, жившие в бассейне рек Тигра и Евфрата, в дельте Нила и по берегам Средиземного моря — в Малой Азии и Южной Европе. Сохранились, например, письменные документы из древней Вавилонии давностью около 6 тыс. лет. Жители Вавилона, унаследовавшие свою культуру от еще более древних народов, представляли Землю в виде горы, на западном склоне которой находится Вавилония. Они знали, что к югу от Вавилона раскинулось море, а на востоке расположены горы, через которые не решались переходить. Поэтому им и казалось, что Вавилония расположена на западном склоне «мировой» горы. Гора эта окружена морем, а на море, как опрокинутая чаша, опирается твердое небо — небесный мир, где, как и на Земле, есть суша, вода и воздух. Небесная суша — это пояс 12 созвездий Зодиака: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. В каждом из созвездий Солнце ежегодно бывает приблизительно в течение месяца. По этому поясу суши движутся Солнце, Луна и пять планет. Под Землей находится бездна — ад, куда спускаются души умерших. Ночью Солнце проходит через это подземелье от западного края Земли к восточному, чтобы утром опять начать свой дневной путь по небу. Наблюдая заход Солнца за морской горизонт, люди думали, что оно уходит в море и восходит также из моря. Таким образом, в основе представлений древних вавилонян о Земле лежали наблюдения за явлениями природы, однако ограниченность знаний не позволяла правильно их объяснить.

Иначе представляли себе Землю древние евреи. Они жили на равнине, и Земля казалась им равниной, на которой кое-где возвышаются горы. Особое место в мироздании евреи отводили ветрам, которые приносят с собой то дождь, то засуху. Обиталище ветров, по их мнению, находилось в нижнем поясе неба и отделяло собой Землю от небесных вод: снега, дождя и града. Под Землей находятся воды, от которых кверху идут каналы, питающие моря и реки. Представления о форме всей Земли у древних евреев, по-видимому, не было.

Очень многим география обязана древним грекам, или эллинам. Этот немногочисленный народ, живший на юге Балканского и Апеннинского полуостровов Европы, создал высокую культуру. Сведения о самых древних из известных нам представлений греков о Земле мы находим в поэмах Гомера «Илиада» и «Одиссея». В них говорится о Земле как о слегка выпуклом диске, напоминающем щит воина. Сушу со всех сторон омывает река Океан. Над Землей раскинулся медный небосвод, по которому движется Солнце, поднимаясь ежедневно из вод Океана на востоке и погружаясь в них на западе.

Греческий философ *Фа́лес* (VI в. до н. э.) представлял Вселенную в виде жидкой массы, внутри которой находится большой пузырь, имеющий форму полушария. Вогнутая поверхность этого пузыря — небесный свод, а на нижней, плоской поверхности, наподобие пробки, плавает плоская Земля. Нетрудно догадаться, что представление о Земле как о плавающем острове Фалес основывал на том факте, что Греция расположена на островах.

Современник Фалеса — *Анаксима́ндр* представлял Землю отрезком колонны или цилиндра, на одном из оснований которого мы живем. Середину Земли занимает суша в виде большого круглого острова Ойкумены («населенной Земли»), окруженного океаном. Внутри Ойкумены находится морской бассейн, который делит ее на две приблизительно равные части: Европу и Азию. Греция же расположена в центре Европы, а город Дельфы — в центре Греции («пуп Земли»). Анаксимандр считал, что Земля — центр Вселенной. Восход Солнца и других светил на восточной стороне неба и заход их на западной он объяснял движением светил по кругу: видимый небесный свод составляет, по его мнению, половину шара, другое полушарие находится под ногами.

Последователи другого греческого ученого — *Пифаго́ра* (р. ок. 580 — ум. 500 до н. э.) — уже признали Землю шаром. Шаровидными они считали и другие планеты.

Когда люди начали совершать далекие путешествия, постепенно стали накапливаться доказательства, что Земля не плоская, а выпуклая. Так, продвигаясь на юг, путешественники заметили, что в южной стороне неба звезды поднимаются над горизонтом пропорционально пройденному пути и над Землей появляются новые звезды, которые раньше не были видны. А в северной стороне неба, наоборот, звезды спускаются вниз к горизонту и потом совсем исчезают за ним. Выпуклость Земли подтверждалась также наблюдениями за удаляющимися кораблями. Корабль исчезает за горизонтом по-

Мир в представлении древних египтян: внизу — Земля, над ней — богиня неба; слева и справа — корабль бога Солнца, показывающий путь Солнца по небу от восхода до заката.

Древние индийцы представляли Землю в виде полусферы, опирающейся на слонов. Слоны стоят на огромной черепахе, а черепаха на змее, которая, свернувшись кольцом, замыкает околоземное пространство.

степенно. Вот уже скрылся корпус корабля и над поверхностью моря видны только мачты. Потом исчезают и они. На этом основании люди стали предполагать, что Земля шарообразна.

Знаменитый древнегреческий ученый *Аристо́тель* (IV в. до н. э.) первым использовал для доказательства шарообразности Земли наблюдения за лунными затмениями: тень от Земли, падающая на полную Луну, всегда круглая. Во время затмений Земля бывает повернута к Луне разными сторонами. Но только шар всегда отбрасывает круглую тень.

Наконец, выдающийся астроном древнего мира *Аристарх Самосский* (конец IV — первая половина III в. до н. э.) высказал мысль о том, что не Солнце вместе с планетами движется вокруг Земли, а Земля и все планеты вращаются вокруг Солнца. Однако в его распоряжении было очень мало доказательств. И прошло еще около 1700 лет, прежде чем это удалось доказать польскому ученому *Копернику*.

Постепенно представления о Земле стали основываться не на умозрительном толковании отдельных явлений, а на точных расчетах и измерениях.

Как измерили Землю

Впервые довольно точно измерил величину земного шара *Эратосфе́н Киренский* (ок. 276—194 до н. э.) — древнегреческий математик, астроном и географ из египетского города Александрия. Он, как и Аристотель, считал, что Земля шар.

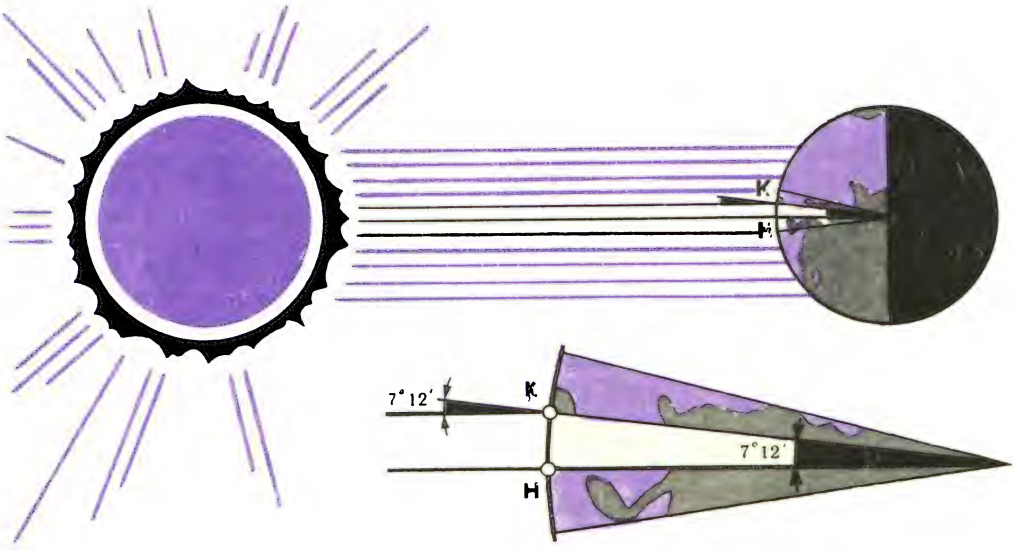
Эратосфен узнал, что в день летнего солнцестояния в Сиене (теперь Асуан), расположенной южнее Александрии, солнце освещало в полдень дно глубоких колодцев, т. е. находилось в зените. В тот же полдень в Александрии, по измерениям Эратосфена, Солнце отстояло от зенита на 7° 12′, что составляет $^1/_{50}$ долю окружности. Отсюда Эратосфен заключил, что такую же долю окружности Земли составляет расстояние от Сиены до Александрии. Измерить это расстояние в те времена можно было только по числу дней, которое тратили караваны верблюдов на переход между этими городами. Оно составило 5000 греческих стадий. И если $^1/_{50}$ окружности Земли равняется 5000 стадий, то вся окружность Земли должна быть в 50 раз больше, т. е. $5000 \times 50 = 250\,000$ стадий. К сожалению, точная длина древнегреческой стадии теперь неизвестна, но, по-видимому, она была близка к 160 м. Таким образом, по определению Эратосфена, окружность Земли приблизительно равна 40 000 км, что очень близко к современным расчетам.

Конечно, здесь был элемент случайности. На самом деле расчет Эратосфена был очень грубым главным образом потому, что он не знал точного расстояния от Сиены до Александрии. Но идея расчета была совершенно правильной. Она применяется поныне и заключается в следующем. На Земле измеряется расстояние в несколько сотен километров по прямой, проще всего по меридиану. В конечных точках этой длины проводятся астрономические наблюдения, например, Солнца в полдень или звезд в соответствующей части неба. Так определяют, скольким градусам, т. е. 360 долям окружности, соответствует эта длина. Элементарными расчетами легко получить длину дуги 1°. А если умножить длину одного градуса на 360, то получим всю длину земной окружности, равной $2\pi R$, где R — радиус земного шара, в круглых числах равный 6370 км.

Таким образом, измерение величины земного шара сводится к определению длины одного градуса на Земле. Такая операция называется *градусным измерением*. В наше время в этот способ внесены многие усовершенствования, главным образом в измерение больших расстояний на земной поверхности.

Многочисленные исследования были проведены учеными разных эпох, прежде чем удалось уточнить длину дуги одного градуса Земли. Трудности были связаны с отсутствием специальных астрономических инструментов, при помощи которых можно было бы с большой точностью определить разницу в географической широте двух мест на земном шаре. Еще труднее было измерять большие расстояния с нужной точностью.

В начале XVII в. голландский географ *Снеллиус* предложил способ расчета, при котором точному измерению больших расстояний не мешают встречающиеся на пути водные преграды, леса, горы, долины, овраги. Из геометрии известно, что можно построить треугольник по стороне и двум прилежащим к ней углам, а по формулам тригонометрии — вычислить длину двух других сторон. Поэтому для из-



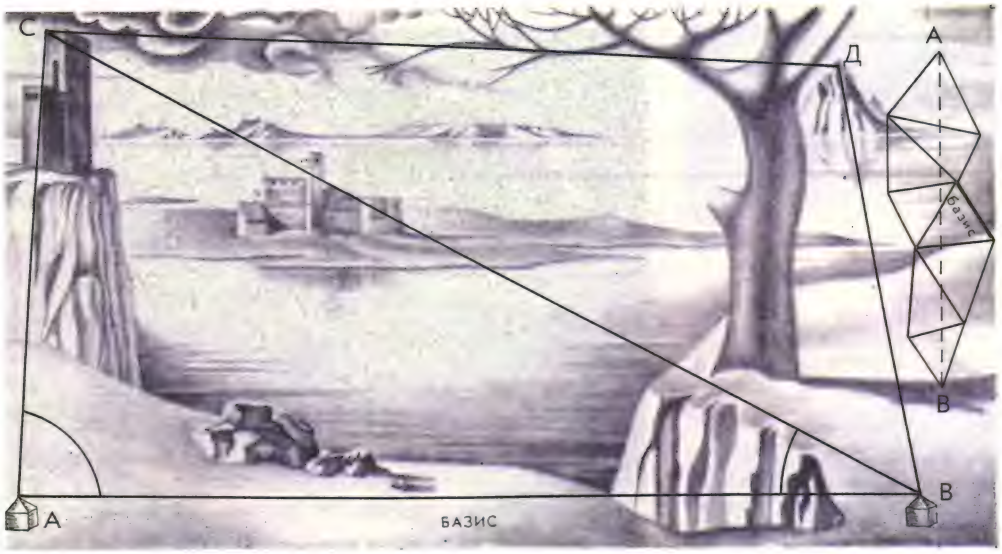
Эратосфен знал расстояние между Сиеной (Н) и Александрией (К) и полагал, что они лежат на одном меридиане. Ему удалось заметить, что, когда в Сиене Солнце стоит прямо над головой (отражается в воде глубоких колодцев), в Александрии его лучи отклоняются от отвеса на 7°12′, т. е. на 1/50 окружности. По углу между радиусами Земли и хорде он вычислил длину окружности Земли.

мерения большого расстояния, например между пунктами *А* и *Д*, выбирают ряд точек так, чтобы из каждой были видны 3—4 соседние. Это могут быть вершины гор или возвышенностей, высокие здания или же сооруженные с этой целью специальные вышки, так называемые *геодезические сигналы*. В этих точках с помощью угломерных инструментов — *теодолитов* — измеряют углы между направлениями на соседние точки. В полученном ряде треугольников остается измерить длину лишь одной какой-нибудь стороны. Она называется *базисом*, что означает «основание». Базис длиной около 10 км выбирают в наиболее удобной местности, без крутых склонов и других препятствий. Измерение базиса — сложный и трудоемкий процесс. Зная длину базиса и углы в соответствующем треугольнике, вычисляют длину двух других сторон, которые входят в состав соседних треугольников. Таким образом, двигаясь дальше, можно шаг за шагом найти величины всех других треугольников и в конечном итоге определить расстояние *АД*. Именно так решается вопрос об измерении больших расстояний на поверхности Земли.

Вся эта операция называется *триангуляцией* (от латинского «триангулум» — треугольник).

Вершины треугольников, или триангуляционные пункты, служат еще и для важной практической цели: поскольку их взаимное положение известно с большой точностью, они используются при топографических съемках для составления подробных географических карт.

Способ триангуляции очень помог ученым уточнить представления о форме и величине Земли. Уже в первой половине XVIII в. французскими учеными была сделана попытка уточнить при помощи триангуляции длину 1° меридиана. Было найдено, что длина 1° меридиана несколько увеличивается с севера к югу. Это послужило основанием для предположения о том, что Земля не правильный шар, а слегка вытянутый в направлении полюсов. Но это противоречило теоретическому выводу Ньютона, утверждавшему, что Земля должна быть растянута в направлении экватора и сжата у полюсов вследствие наибольшей центробежной силы на экваторе при вращении Земли. Чтобы решить этот спорный вопрос, Французская Академия наук снарядила две экспедиции: одну — к Северному полярному кругу, в Финляндию и Швецию, другую — в Перу, к экватору. Экспедиции работали в очень трудных условиях несколько лет. После сравнения результатов работы экспедиций выяснилось: чем ближе к экватору, тем длина градуса меридиана заметно короче по сравнению с умеренными широтами, т. е. ближе к полюсу. Таким образом было доказано, что Земля действительно немного сплюснута у полюсов: полярный радиус Земли приблизительно на 21 км короче экваториального. Может показаться, что в таком случае более короткому радиусу должна соответствовать и меньшая длина градуса. Но оказывается, что градусное измерение дает не длину радиуса Земли, т. е. не расстояние ее поверхности от центра, а так называемый *радиус кривизны*, определяющий, насколько круто в данном месте изгибается земная поверхность. Действительно, поверхность Земли у полюсов менее выпуклая, чем у экватора, как это преувеличенно показано



Если нам нужно измерить расстояние от А до Д, когда точки Д не видно из точки А, то мы измеряем базис АВ и в треугольнике АСВ — углы, прилегающие к базису. По одной стороне и прилегающим к ней углам определяем расстояния АС и ВС. Далее из точки С мы с помощью зрительной трубы измерительного инструмента находим точку Д, видимую из точек В и С. В треугольнике СДВ нам известна сторона СВ. Остается измерить прилегающие к ней углы, а затем определить расстояние ДВ. Зная расстояние ДВ и АВ и угол между этими линиями, можно определить расстояние от А до Д.

на рисунке. Заметим, что фигура Земли определяется поверхностью океанов, т. е. уровнем моря, от которого отсчитываются все высоты. Эта поверхность очень близка к поверхности вращения эллипса вокруг малой оси, поэтому тело Земли принято считать эллипсоидом.

В конце XVIII в. специальная французская экспедиция стремилась установить новую естественную единицу длины, из природы.

За эту единицу — *метр* — решено было принять одну десятимиллионную часть четверти меридиана, т. е. расстояния от экватора до полюса. В таком случае вся окружность Земли по меридиану точно равнялась бы 40 000 км. Последующие, более точные измерения показали, что принятая в 1799 г. и ныне применяемая в качестве эталона длина метра примерно на 0,2 мм короче той, которая соответствовала первоначальному (связанному с размерами Земли) замыслу французских ученых, поэтому фактическая полная длина меридиана на 8,55 км больше, чем должна бы быть по расчетам.

В России замечательное по точности градусное измерение было проведено в 1822—1852 гг. под руководством выдающегося астронома, основателя и первого директора Пулковской обсерватории (под Ленинградом) *В. Я. Стру́ве*.

Были измерены дуги меридиана общей длиной 2800 км от северных берегов Норвегии до Дуная. В триангуляцию вошло 258 треугольников. Это измерение имело большое практическое значение для составления точных карт.

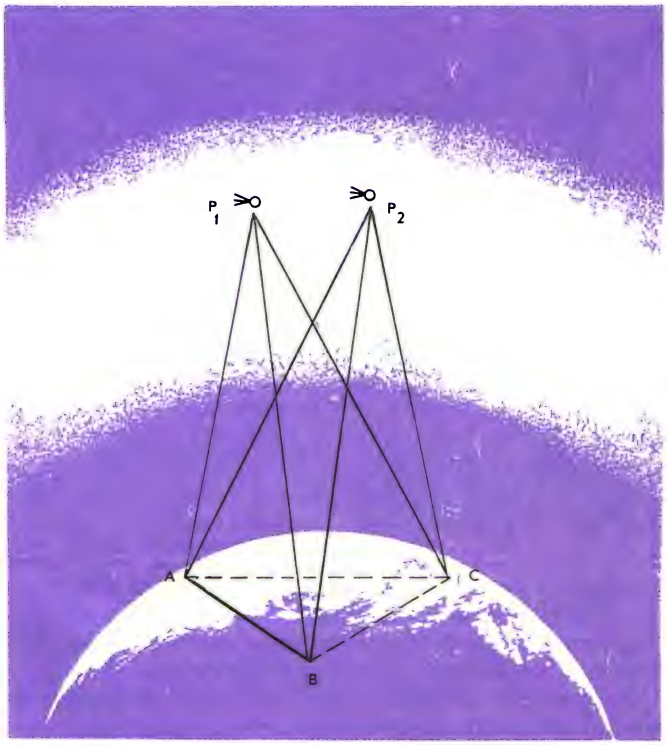
В настоящее время почти все страны мира покрыты триангуляционной сетью. Геодезисты с большой точностью измерили длины дуг меридианов в разных местах земной поверхности. Результаты произведенных измерений позволили достаточно точно определить действительную фигуру Земли.

В 1941 г. советский геодезист *Ф. Н. Краско́вский* вывел из многих измерений размеры земного эллипсоида, принятые у нас за стандартные (см. «Справочный отдел»).

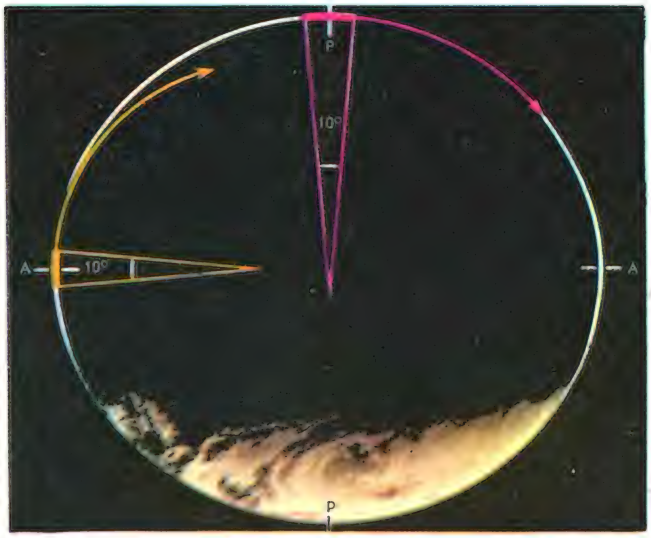
Искусственные спутники Земли

Из сказанного выше видно, какое большое значение имеет для геодезии и картографии способ триангуляции, или построения сети треугольников, буквально покрывших все материки Земли. Но на морских берегах триангуляции обрывались — терялась зрительная связь. Действительно, еще не так давно триангуляцию нельзя было провести через широкое водное пространство, например из Европы в Северную Америку. Это снижало точность мировых карт и затрудняло определение положения какого-нибудь изолированного острова среди океана. Но с созданием искусственных спутников Земли был найден способ измерения больших расстояний или определения положения точек, до которых нельзя проложить триангуляцию. Этот способ назвали *космической триангуляцией*. Сущность его заключается в следующем.

Схема космической триангуляции. Ее проводят с помощью искусственных спутников Земли.



Земной эллипсоид.
A — экватор,
P — полюсы Земли.
Дуга в 10° у полюса длиннее, чем у экватора. Значит, Земля несколько сплюснута у полюсов.



Геодезистам приходится работать в самых различных природных условиях.

Возьмем две точки A и B, взаимное положение которых точно известно из соединяющих их триангуляций. Мы хотим определить расстояние от них до точки C, которую нельзя привязать к ним с помощью наземных геодезических измерений, т. е. обычным способом «развития» или «наращивания» триангуляций. Однако из всех этих трех точек можно наблюдать одновременно искусственный спутник Земли. Если в первый момент спутник находится в точке P_1, то треугольник AP_1B будет вполне определен, так как в нем известна сторона AB, а углы определяются из наблюдений, которые обычно производятся фотографированием спутника на фоне звездного неба. Если в тот же момент спутник наблюдался из точки C, то этим будет зафиксировано направление P_1C.

Повторим такие же наблюдения, когда спутник будет находиться в точке P_2. Тогда определится направление P_2C. Очевидно, что точка C находится на пересечении направлений P_1C и P_2C и этим геометрически определяется ее положение относительно точек A и B.

Главная трудность этого способа заключается в том, что наблюдения нужно проводить строго одновременно. Ведь спутник движется вокруг Земли со скоростью около 7 км/с, так что ошибка в моменте

всего лишь в 0,01 с уже вызовет ошибку его положения в 7 м. Поэтому должна соблюдаться строгая одновременность наблюдений во всех трех точках. Для того чтобы обеспечить одновременность наблюдений, были запущены специальные спутники «Геос». На них происходят мгновенные электронные вспышки. В эти моменты и производят наблюдения.

Земля — одна из планет Солнечной системы

Земля — одно из многочисленных тел, которые обращаются вокруг Солнца, т. е. принадлежат Солнечной системе. Она шарообразна и является третьей планетой по счету от Солнца.

В наше время, век покорения космоса, мы можем увидеть земной шар на фотографиях, сделанных с автоматических межпланетных станций и космических кораблей.

Земля вращается вокруг одного из своих диаметров — *земной оси*, которая пересекается с ее поверхностью в двух диаметрально противоположных точках — *северном* и *южном географических полюсах*.

На равных расстояниях от географических полюсов проходит окружность — *земной экватор*. Экватор делит Землю на два полушария — Северное и Южное.

Один оборот вокруг оси Земля совершает за 23 ч 56 мин 4 с; этот промежуток времени называется *звездными сутками*. Сутки, которыми мы ведем счет времени в повседневной жизни, называются *средними*. В них содержится 24 часа и учитывается не только вращение Земли, но и ее движение (обращение) вокруг Солнца. Угловая скорость вращения (т. е. угол поворота за единицу времени) у всех точек поверхности Земли одинакова — 15° в час, но линейная скорость вращения различна: на экваторе она 465 м/с, а при удалении от него уменьшается и на географических полюсах равна нулю.

Один оборот вокруг Солнца Земля совершает за 365 дней 6 ч 9 мин 9 с. Этот период обращения называется *звездным годом*. Путь Земли вокруг Солнца (земная орбита) близок по форме к окружности, но слегка вытянут. Такая геометрическая фигура называется *эллипсом* и имеет две оси — большую и малую, перпендикулярную к большой оси. Обе они пересекаются в центре эллипса. Солнце находится не в центре орбиты, а в одном из ее фокусов, т. е. в одной из особых точек, расположенных на большой оси, сравнительно недалеко от центра.

Большая полуось (т. е. половина большой оси) орбиты является средним расстоянием Земли от Солнца и равна 149,6 млн. км. Фокус орбиты отстоит от ее центра на 2,5 млн. км. Поэтому на протяжении года расстояние Земли от Солнца периодически меняется от 147,1 млн. км (в самом начале января) до 152,1 млн. км (в самом начале июля). Самая ближайшая к Солнцу точка земной орбиты называется *перигелием*, а самая далекая — *афелием*.

Ось вращения Земли не перпендикулярна к плоскости земной орбиты, а образует с ней угол в 66°33′.

Движение Земли устойчиво из-за быстрого ее вращения, и земная ось на протяжении многих и многих десятилетий практически сохраняет свое направление в пространстве, медленно поворачиваясь всего лишь на 50″ в год (прецессионное движение), что соответствует полному обороту земной оси за 26 тыс. лет.

В нашу эпоху земная ось направлена почти на главную звезду созвездия Малой Медведицы, названную поэтому Полярной звездой. Ею пользуются при ориентировке по странам света (по основным точкам горизонта): если встать лицом к Полярной звезде, то впереди будет север, справа — восток, сзади — юг и слева — запад.

Благодаря обращению Земли вокруг Солнца, наклону земной оси и сохранению ею своего направления на нашей планете сменяются времена года и существуют тепловые (климатические) пояса.

21 марта и 23 сентября в равной мере освещены оба географических полюса Земли и Солнце там видно на горизонте. Линия светораздела (терминатор), отделяющая освещенное Солнцем (дневное) полушарие Земли от неосвещенного (ночного), проходит через оба полюса.

Все точки земной поверхности полсуток освещаются Солнцем, а полсуток лишены освещения, т. е. в эти дни года продолжительность дня равна продолжительности ночи (21 марта — день *весеннего равноденствия*, а 23 сентября — день *осеннего равноденствия*).

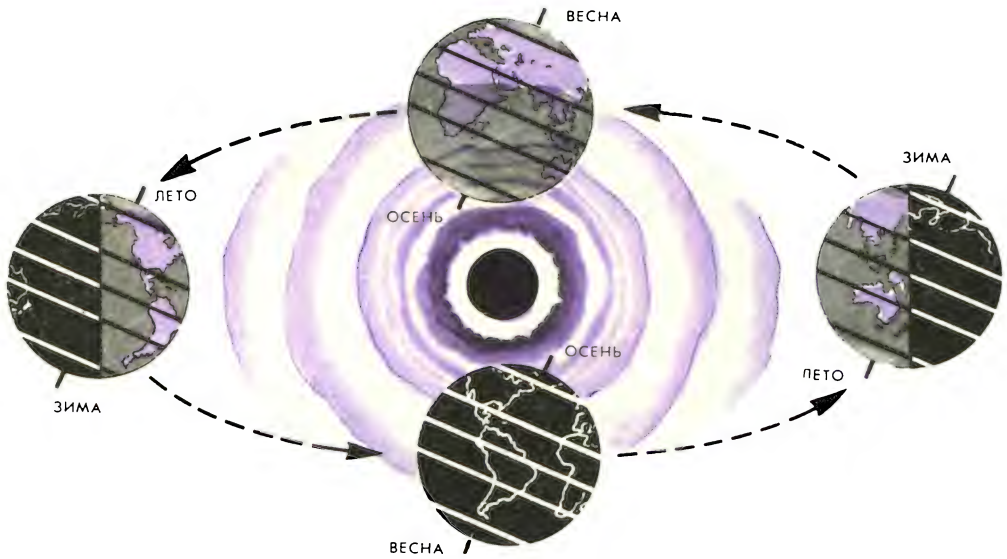


Схема движения Земли вокруг Солнца, обусловливающего смену времен года.

После 21 марта область вокруг Северного полюса обращена к Солнцу и в ней Солнце не заходит — это полярный день. Область вокруг Южного полюса отвращена от Солнца, и в ней Солнце не восходит, здесь полярная ночь. В Северном полушарии Земли день становится продолжительнее ночи. Солнце в полдень с каждым днем все выше поднимается над горизонтом, начинается весна. В Южном полушарии, наоборот, начинается осень. Границы полярного дня и полярной ночи постепенно отступают от полюсов и к 21 июня достигают в обоих полушариях географических параллелей 66°33′. Эти параллели являются границами холодных климатических поясов, и называются они *полярными кругами*. В этот день полуденная высота Солнца в Северном полушарии наибольшая (начало астрономического лета), а в Южном полушарии — наименьшая (начало астрономической зимы).

После 21 июня границы полярного дня и ночи приближаются к географическим полюсам, 23 сентября доходят до них, а затем снова от них удаляются. Теперь уже область полярной ночи распространяется вокруг Северного полюса. В Северном полушарии Солнце с каждым днем поднимается в полдень на меньшую высоту, день становится короче ночи и наступает осень, а затем зима. В Южном полушарии картина обратная: там наступает весна и затем лето.

Пояс земной поверхности, ограниченный по обе стороны от экватора географическими параллелями 23°27′ (северным и южным тропиками), называется жарким или *тропическим*. В этом поясе Солнце в полдень двух определенных дней года проходит через самый зенит и лучи Солнца падают на земную поверхность отвесно. На самих тропиках Солнце проходит через зенит только один раз в году: 21 июня — на северном тропике и 22 декабря — на южном тропике.

Между полярными кругами и тропиками лежат *умеренные пояса*; в них никогда не бывает полярных дней и ночей и Солнце никогда не проходит через зенит.

Земля окружена воздушной оболочкой — *атмосферой* (см. ст. «Воздушная оболочка Земли»).

Атмосфера защищает Землю от внешних вредных воздействий, в частности от космической пыли, интенсивных потоков космических лучей и гамма-излучения Солнца.

Земля обладает магнитным полем, воздействующим на магнитную стрелку компаса. Магнитное поле изображается замкнутыми кривыми линиями — их называют магнитными силовыми линиями, они сходятся в двух почти противоположных точках земной поверхности — магнитных полюсах, далеко отстоящих от географических полюсов Земли. Южный магнитный полюс находится в Северном полушарии Земли, вблизи северного берега острова Виктория (Канада, 96° з. д. и 71° с. ш.); северный магнитный полюс лежит в Южном полушарии, в Тихом океане, вблизи берегов Антарктиды (150° в. д. и 70° ю. ш.). Оба полюса непрерывно перемещаются (дрейфуют) по земной поверхности со скоростью около 5 км за год.

Исследованиями, проведенными с космических аппаратов, установлено, что магнитное поле Земли простирается от нее на расстояние более 50 тыс. км.

Оно захватывает мириады элементарных электрически заряженных частиц, летящих из мирового пространства (в том числе и от Солнца), и не пропускает их к Земле. Задержанные магнитным полем, эти частицы образуют вокруг Земли кольцеобразный радиационный пояс, начинающийся примерно в 450 км от земной поверхности и оканчивающийся на расстоянии около 50 тыс. км от нее. Радиационный пояс представляет определенную опасность для космонавтов, находящихся в космическом полете, так как элементарные частицы высоких энергий могут проникать сквозь обшивку космического корабля внутрь кабины и поражать организм, вызывая лучевую болезнь. Поэтому состояние радиационного пояса постоянно изучается, а трассы межпланетных кораблей обходят области наибольшей концентрации в нем элементарных частиц.

Земля имеет единственного спутника — Луну (см. т. 2 ДЭ, ст. «Луна»).

Изображение Земли на плане, карте и глобусе

Наиболее наглядно и четко наши знания о Земле фиксируются на картах. Их за всю историю человечества составлено сотни тысяч, они собраны в десятки тысяч атласов. Это бесценные материалы, необходимые для науки и хозяйства. Изучая географию, школьники прежде всего имеют дело с картами. Незаменима карта в полевом походе. Создавать карту, так же как и научиться ее читать,— увлекательное, но все же нелегкое дело.

Изображение «плоской» Земли

Еще в глубокой древности, до зарождения письменности, люди умели начертить на земле, вырезать на кости, на древесной коре *схему маршрута* — будь то охотничья тропа, путь по реке или по морю вдоль берега. Обычно это была ломаная линия, а на ней или по ее сторонам наносились основные *ориентиры* — заметные или важные на местности объекты: гора, излучина реки, морской мыс, колодец в пустыне; указывалось примерное расстояние и время пути между ними. Если наземных ориентиров не было, например в море или безбрежной степи, указывалось направление движения по звездам. Такую схему маршрута приходилось дополнять устным рассказом, а чтобы в нем ничего не было забыто, ему порой придавали форму баллады или песни, которую легче выучить наизусть, запомнить.

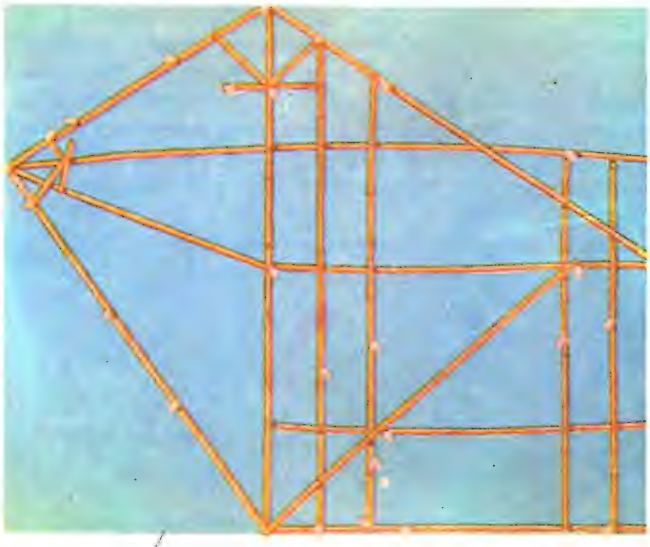
Схемы маршрутов, или *кроки*, составляют и сейчас, например при пересечении малоизученной территории. Так выглядят современные схемы туристских маршрутов, карты автомобильных дорог.

Очень давно люди научились составлять и *планы*, на которых местность изображается не так, как мы видим ее в природе или на фотографии, т. е. в перспективе, а сверху, как бы с высокой горы или крепостной башни. Без плана местности нельзя было спроектировать храм или крепость, парк или ирригационное сооружение. Особенность плана — сохранение на нем соотношений размеров площадей и расстояний, подобных расстояниям на местности. Это достигается применением *масштаба*, т. е. одинакового отношения длины каждой линии на плане к ее действительной длине на местности.

При сильном уменьшении на плане правдоподобно изображаются лишь контуры линейных элементов местности — границы полей, лесные опушки, побережья, направления дорог и речных русел, а строения, мосты, населенные пункты, отдельные деревья и т. д. изображаются *условными знаками*. Часто условные знаки схематически передают облик местных предметов или какой-то их признак, отличительную черту.

Еще более отвлеченным, чем план, изображением земной поверхности являются *карты*, которые, как правило, составляются для более обширной территории. В отличие от плана на современных картах учитывается шарообразность Земли. Они составляются с помощью географической градусной сетки, которая мысленно наносится на земном шаре. С ее помощью можно определить *географическое положение* (координаты) любой точки, а при составлении карты можно пользоваться сеткой примерно так, как при перерисовке картины или фотографии прочерчиваемыми на них квадратами.

Одна из «морских карт» островитян Океании. Она сплетена из черенков пальмовых листьев. Раковины изображают на ней острова.



Фрагмент Римской дорожной карты (IV в.), представляющей собой свиток из 11 листов пергамента длиной 7 м.

На древних картах не учитывали шарообразности Земли, и изображение на них было весьма далеким от действительности. Теперь можно с самолета или космического корабля сфотографировать или окинуть взглядом обширную территорию примерно так же, как древние осматривали небольшой участок, изображенный на плане. Раньше же карту приходилось составлять по устным рассказам или описаниям (и крокам) отдельных маршрутов, путешествия по которым порой длились годами. При этом необычайно трудно было сопоставлять расстояния, часто измерявшиеся в днях пути: ведь летящая под парусами каравелла движется в десятки раз быстрее бредущего по пустыне каравана. Не было и приборов для точного определения направлений.

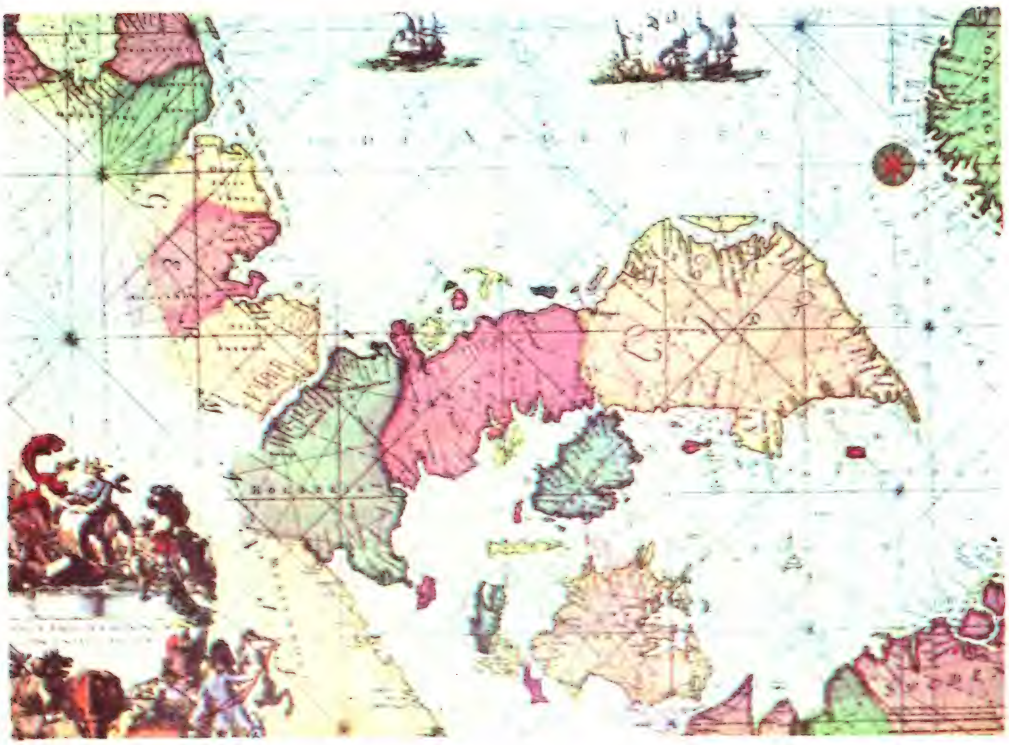
Между тем требования к карте оставались примерно теми же, что и к плану,— они должны были помочь ориентироваться, передавать подобие контуров, взаимное расположение населенных пунктов и дорог между ними, наконец, определять расстояние, т. е. примерно выдерживать масштаб. Чтобы составить более или менее подробную карту, картографы древности использовали в качестве своеобразной системы координат очертания морских побережий, а также речную и дорожную сеть: сначала наносили их на карту, а потом сообразно с ними размещали, «привязывали» к ним, как говорят картографы, другие местные предметы. При этом карты представляли собой *дорожники*. В центре дорожника помещался город — столица государства, а от него к границам и в дальние страны показывались торговые и военные пути, сухопутные и речные преграды на них, населенные пункты. До нас дошли такие карты времен Римской империи. По сути дела дорожником был Большой Чертеж Государства Московского, составленный в 1552 г. по указанию Ивана Грозного, и другие карты Древней Руси.

Принципиально мало чем от них отличались морские карты, пригодные для плавания вблизи побережий или между островами.

Не всегда корабль мог следовать вдоль берега из-за характера дна, волнений или недружелюбия жителей. Карты эти так и назывались *периклами*, т. е. буквально «объездами». На них наносили очертания берегов, выделяя заметные ориентиры, гавани и удобные для стоянки бухты, указывали расстояния между ними. На карте приводили сведения об обитателях берегов, о ветрах и течениях. Все это напоминает современные *лоции*, которыми пользуются моряки. Но для плавания в открытом море такие карты не годились.

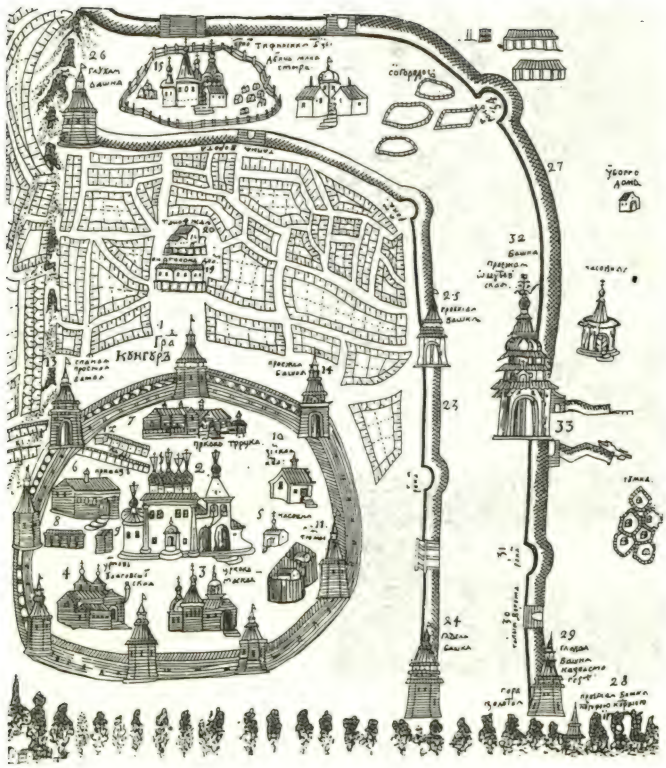
Преобразило морские карты применение компаса. С его помощью были созданы *портоланы* — компасные морские карты. Они были буквально испещрены бесчисленными пересекающимися линиями, расходящимися пучками из нескольких точек, чаще всего соответствующих портам, бухтам или

Глобус XVII в., привезенный Петром I из Голландии.



Портолан Ютландии XVI в. С такими картами мореплаватели выходили в открытый океан.

Часть чертежа города Кунгура, составленного С. У. Ремезовым, русским географом, картографом и историком Сибири, жившим на рубеже XVII — XVIII вв. Он составил с сыном Семеном «Чертеж всей Сибири», а затем и «Чертежную книгу Сибири».



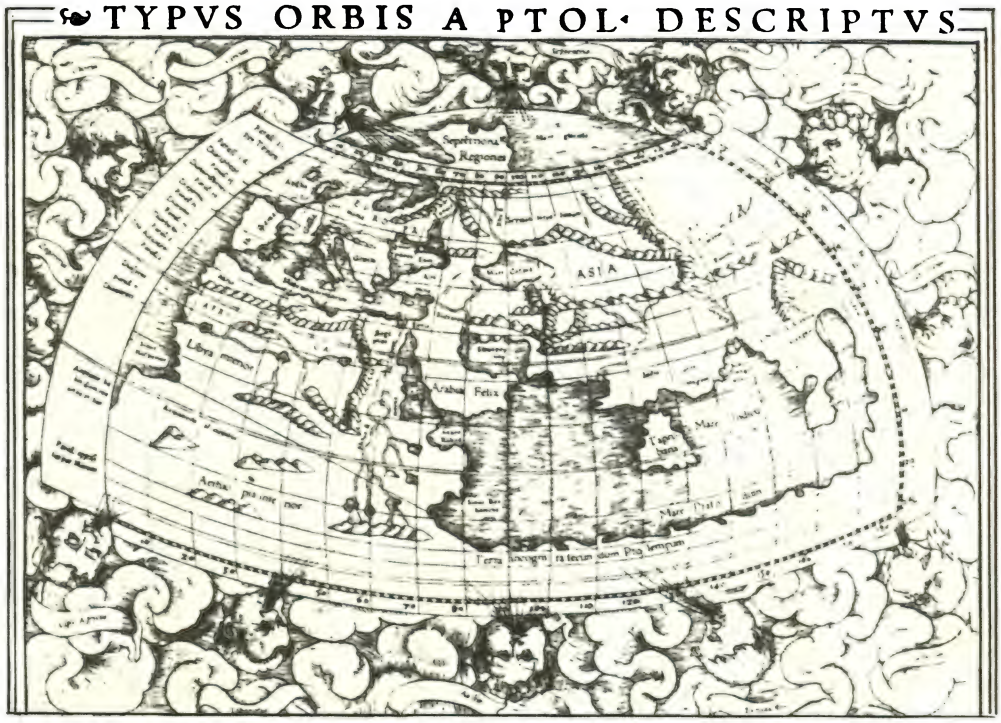
Средневековый географ. Гравюра XVII в.

островам. Линии каждого такого пучка указывают не только четыре стороны горизонта, но и 28 промежуточных румбов. Если поместить компас на одну из таких точек, в которой находится корабль, и по компасу ориентировать портолан, линии укажут направление, по которому нужно держать курс. На портоланах появились и *линейные масштабы* — по ним можно было измерять расстояния. Первые портоланы были составлены на Средиземное и Черное моря.

Изображение земного шара

Создание математически обоснованной карты связано с именем древнегреческого ученого *Эратосфена*, который еще в III—II вв. до н. э. не только вычислил размеры Земли (см. ст. «Как измерили Землю»), но и сделал попытку построить карту с помощью географических координат, т. е. меридианов и параллелей. Их он проводил по восемь, выбирая меридианы и параллели крупных центров того времени, для которых были хоть какие-то измерения. Не удивительно, что при этом меридианы и параллели оказались проведенными на разных расстояниях между собой. Но все-таки это была уже координатная сетка, и карта Эратосфена была точнее.

Полвека спустя крупнейший древнегреческий ученый *Гиппа́рх* (II в. до н. э.) вводит еще одно новшество. Он понимал, что для построения точной карты необходимо определить местоположение главных опорных пунктов с помощью астрономических наблюдений, т. е. установить их *географическую широту* и *географическую долготу*. Астрономы и раньше, изучая небесный свод, условно проводили на нем меридианы и параллели. Гиппарх предложил использовать этот прием и для земного шара, покрыв его как бы условной сеткой. Вслед за учеными древнего Вавилона он делил каждую окружность на 360 частей, или градусов. Отсюда пошло понятие о *градусной сети*. Но создать более точную карту, чем Эратосфену, Гиппарху не удалось — недоставало астрономических наблюдений.



Географическая карта, составленная греческим астрономом Клавдием Птолемеем во II в. н. э.

Наиболее точное подобное изображение земного шара, его уменьшенная модель — это *глобус*. На глобусе во всех направлениях сохраняется один и тот же масштаб. Поэтому на нем получается наиболее правильное изображение земной поверхности. Но большой глобус довольно трудно сделать, и он был бы неудобен в обращении. Глобус, столь же подробный, как учебные стенные карты СССР (их масштаб 1 : 5 000 000, или 1 см равен 50 км), имел бы диаметр примерно 2,55 м, т. е. был бы очень громоздким. На обычных же школьных глобусах можно передать лишь самые общие очертания материков, горных стран и низменностей, крупнейших рек, а небольшие государства изобразить пятнышком, целиком занятым кружком столицы. Поэтому стали стремиться изображать земную поверхность на карте, т. е. на плоскости. Это довольно сложная задача: поверхность шара нельзя развернуть, разостлать на плоскости без складок и разрывов. Действительно, переход от поверхности шара к плоскости всегда сопровождается искажениями направлений, расстояний и площадей, причем эти искажения неодинаковы в разных частях изображения или карты. Свести искажения до минимума, сделать такую карту, чтобы с нее можно было получить необходимые данные,— задача не простая. Она требует серьезных математических расчетов и специальных построений. Поиски оптимальных решений продолжаются и в наши дни.

Между тем суть этой задачи понимали очень давно.

Еще *Клавдий Птолемей* (II в. н. э.) — автор знаменитой географической карты, наиболее подробно и достоверно передававшей представление об известных ему странах, говорит в своем сочинении «Руководство по географии» о трех *картографических проекциях*.

Их дальнейшая разработка началась лишь в эпоху Возрождения. В мрачную полосу средневековья и в области картографии всякое несоответствие с Библией объявлялось ересью. К картам Птолемея, сохранившимся в книгах у арабов, вновь вернулись уже на пороге эпохи Великих географических открытий.

Картографические проекции

С тех пор ученые создали много различных способов приближенного изображения поверхности земного шара на картах, или *картографических проекций*, в основе которых лежат разные способы построения географической сетки.

Рассматривая глобус, не трудно убедиться, что все *меридианы* представляют собой большие (на глобусе они все одинаковой длины) окружности, пересекающиеся между собой только в двух точках — *полюсах*. Зато каждый меридиан пересекает все *параллели*, т. е. окружности, проведенные к ним под прямым углом. Самая длинная из окружностей-параллелей — это *экватор*, все точки которого отстоят от полюсов на равных расстояниях. С приближением к полюсам длина параллелей уменьшается, в

Способы построения картографических проекций

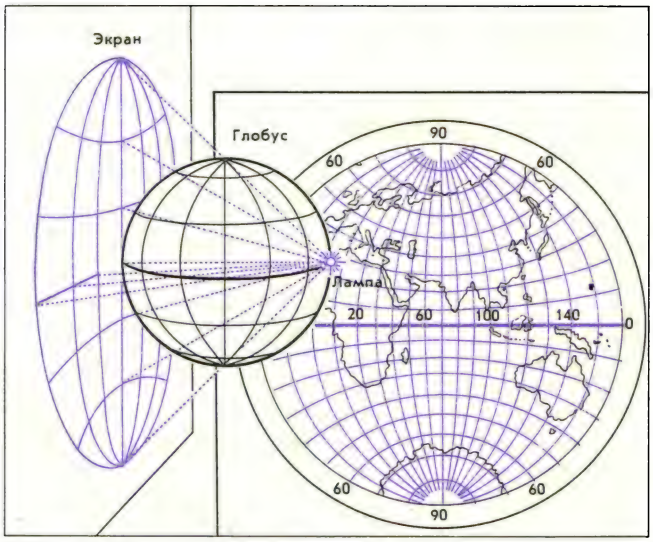


Схема построения азимутальной экваториальной проекции и карта Восточного полушария в этой же проекции.

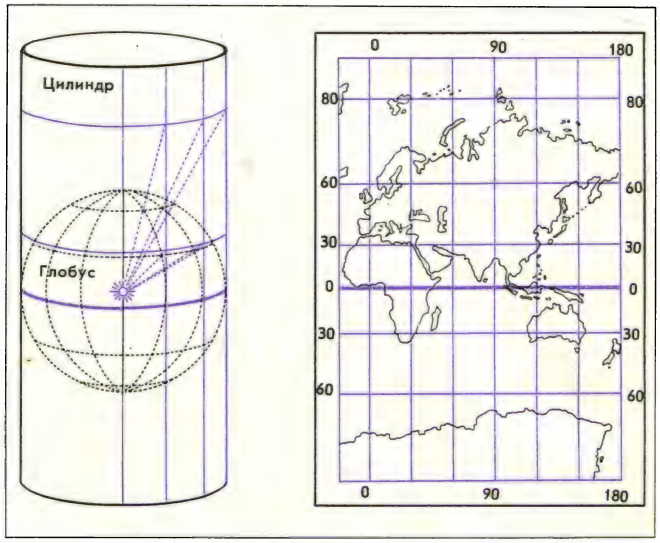


Схема построения цилиндрической проекции. Жирная линия — линия касания шара цилиндром.

Справа — карта Восточного полушария в меркаторской проекции.

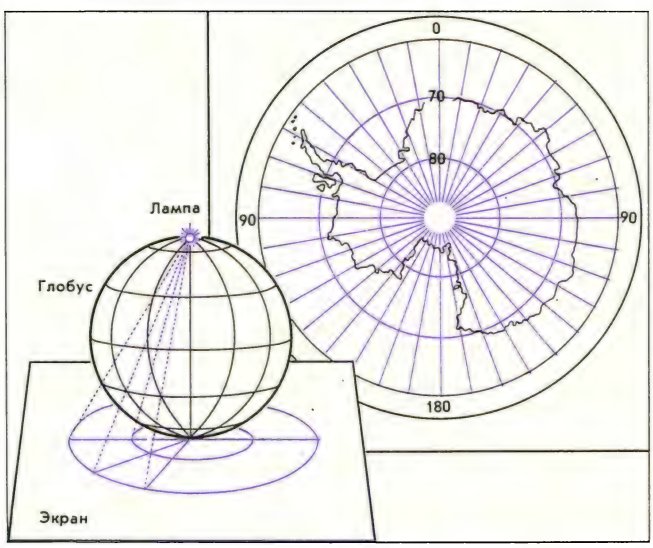
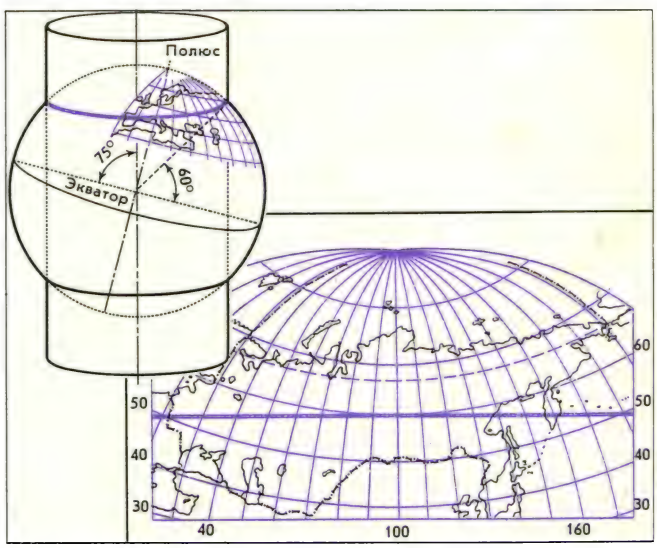


Схема построения азимутальной полярной проекции и карта Антарктиды в этой же проекции.



Положение глобуса и секущего цилиндра, на котором строится проекция М. Д. Соловьева. Жирная линия показывает линию пересечения шара цилиндром. По этой линии сохраняется точный масштаб. Справа — карта СССР в проекции М. Д. Соловьева.

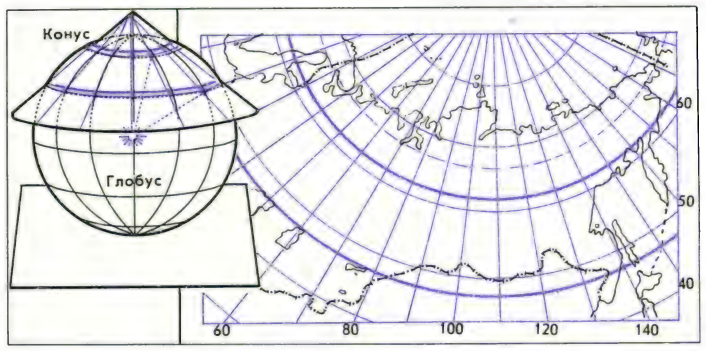


Схема конической проекции на секущем конусе. Жирными линиями обозначены параллели сечения шара конусом. На этих параллелях сохраняется точный масштаб. Справа — карта СССР в конической равнопромежуточной проекции В. В. Каврайского.

пределе, сливаясь в одну точку. На картах же, в зависимости от выбранной проекции, меридианы и параллели изображаются то прямыми, а то различными кривыми линиями. Выбор проекции зависит от назначения карты. Например, для составления политической карты Европы более подходит такая проекция, которая дает правильное представление о размерах территории государств, позволяет сравнивать их площади. Проекции, при которых все площади одинаково уменьшаются, т. е. их отношения не искажаются, называются *равновеликими*. Напротив, для целей навигации (вождения кораблей и самолетов) нужны карты в *равноугольных проекциях*, на которых углы между различными направлениями на земной поверхности изображаются в натуральную величину, хотя при этом не сохраняются соотношения площадей.

Чтобы яснее представить себе приемы построения равноугольной проекции, вообразим, что мы взяли глобус, сделанный из прозрачного материала, и экран из прозрачной бумаги прислонили к одной из точек экватора. Если теперь осветить с другой стороны глобус лампой, расположенной на уровне экватора, на экран будет падать тень от изображенных на глобусе меридианов и параллелей, а также от очертаний континентов, морей и т. п. Обведя спроектированное на плоскую поверхность экрана изображение, мы получим карту в так называемой *азимутальной экваториальной* проекции, которая обычно применяется для изображения полушарий.

Если приложить экран к точке полюса глобуса, а лампу держать против другого полюса, то спроектируется карта в *азимутальной полярной проекции*. Она дает представление о приполярных областях.

Если же надеть на глобус цилиндр из прозрачной бумаги так, чтобы он касался линии экватора, а лампочку поместить внутри глобуса, на поверхности цилиндра получим изображение в *цилиндрической проекции*.

Развернув поверхность цилиндра, мы увидим, что меридианы и параллели превратились в пересекающиеся под прямыми углами параллельные линии. В этой проекции искажения увеличиваются по мере удаления от экватора к полюсам, и ее следует применять для изображения стран, расположенных вблизи экватора.

Особенно велики искажения расстояний и площадей на цилиндрической проекции голландского картографа Меркатора. В полярных странах они так преувеличены, что площадь изображения Гренландии больше, чем всей Южной Америки, которая превосходит ее в действительности в восемь раз, а расстояние от Кольского полуострова до Чукотки кажется таким же, как от Кубы до Цейлона, хотя второе в два раза больше. Зато на этой карте легко определять нужное направление, т. е. углы-румбы, а это крайне важно в мореплавании и в авиации.

Чтобы проложить на карте путь корабля или самолета, штурман должен точно определить и направление движения, и протяженность каждого участка маршрута. Линия, пересекающая все меридианы под одним и тем же углом, называется *локсодромией* (по-гречески «локос» — косой, «дромос» — путь). На меркаторской карте она выглядит прямой линией: измерил угол транспортиром и держи курс по компасу. Но кратчайшее расстояние между двумя точками на сфере определяется по *ортодромии* (по-гречески «ортос» — прямой), которая пересекает меридианы под разными углами.

Широко распространены *конические проекции*, применяемые для изображения стран, лежащих в средних широтах и вытянутых с запада на восток, например для СССР. На картах в этой проекции меридианы изображаются прямыми линиями, расходящимися веером из одной точки, а параллели — дугами кругов с центром в той же точке полюса. Чтобы получить такую проекцию, наденем на наш прозрачный глобус бумажный конус так, чтобы он касался его по одной из параллелей. Если теперь осветить глобус с противоположной стороны и спроектировать его на поверхность конуса, а затем конус развернуть, то мы и получим карту в виде сектора. Точный масштаб на ней сохраняется по параллели, по которой конус касался глобуса; по мере удаления от нее искажения возрастают. Чтобы уменьшить эти искажения, используют не касательный, а секущий конус — тогда точный масштаб сохраняется по двум параллелям. Расчетом таких проекций занимается *математическая картография*.

Конечно, вид полушария, развернутого цилиндра или сектора имеет карта, на которой спроектирован весь земной шар. Обычно же на карте изображается

лишь часть земной поверхности, как бы вырезанная из полушария, цилиндра или сектора. При этом рамки географической карты могут быть произвольными, а на топографических они совпадают с меридианами и параллелями.

Составление карты

Мы выбрали соответствующую нашим целям проекцию карты и на листе бумаги построили в заданном масштабе градусную сетку. Но ведь это только скелет будущей карты. Ее составление начинается со съемки местности, перейти от которой к будущей карте нам позволяют *опорные пункты* — такие точки на местности, для которых известны широта и долгота. Чем больше в нашем распоряжении таких пунктов, тем точнее будет карта.

В древности известны были только астрономические методы определения координат. Широту определяли по наклону Солнца над горизонтом. Труднее было с долготой — определить ее по времени прохождения Солнца не позволяло отсутствие точных приборов (сейчас геодезисты располагают хронометрами и радио) и для ее вычисления приходилось прибегать к наблюдениям за затмениями спутников Юпитера по сложному способу, предложенному *Галилео́ Галилее́м*. Даже на пороге эпохи Великих географических открытий астрономические пункты насчитывались единицами, и это было одной из причин неправильных представлений о размерах земного шара и о распределении суши и океанов. В XVI в. число пунктов на земном шаре, для которых мореплаватели определили широту и долготу, быстро растет.

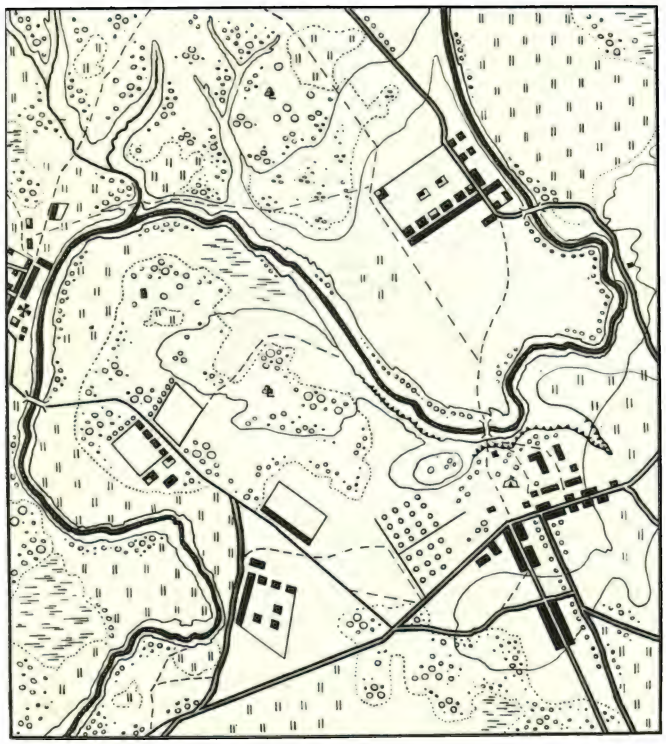
Вскоре на портоланах появляется градусная сетка, а потом портоланы полностью заменяются картами с меридианами и параллелями.

Во второй половине XVI в. составляются подробные карты ряда европейских государств. На суше, где обзор меньше, чем на море, мало нанести несколько опорных пунктов, а всю остальную съемку вести глазомерно. Потребовалось научиться точно измерять направления и расстояния. Сначала для этой цели использовали компас, мерные шнуры и колеса (по последним отсчитывали число оборотов и множили на длину окружности колеса — этот принцип теперь используется в счетчиках такси). Но точность изображения на таких картах была еще очень мала.

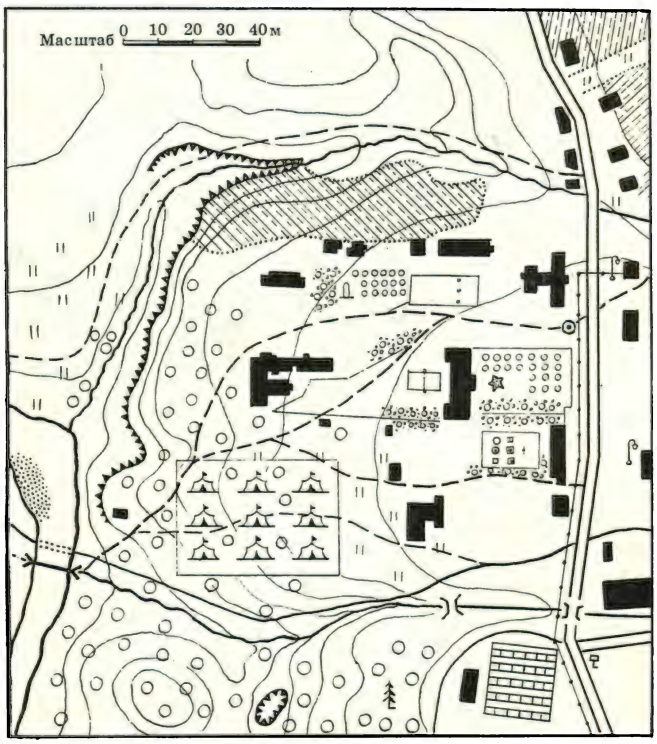
Аэрофотоснимок местности, изображенной на карте (стр. 35). Рамкой окружена площадка, на которой находился пионерский лагерь.

Лишь в начале XVII в. голландец *Сне́ллиус* предложил свести до минимума непосредственные измерения длины на местности, заменив их отсчетом величины углов и построением систем треугольников, у которых несложно вычислить, зная углы и одну сторону, длины других сторон. Этим способом, получившим название *триангуляции*, уже во второй половине XVII в. была довольно точно измерена длина дуги меридиана в один градус (см. ст. «Как измерили Землю»). Сейчас вся поверхность обжитой суши покрыта опорной сетью — триангуляцией разного класса. Тригонометрические пункты располагаются обычно в хорошо заметных местах: на вершинах холмов, мысах, в излучинах рек, где закладывается репер — цементный столб с металлической маркой. Над репером сооружается деревянная или металлическая вышка (сигнал) с таким расчетом, чтобы между соседними вышками во все стороны обеспечивалась зрительная связь. На открытых местах вышки обычно не высоки. А вот на равнине в лесистой местности приходится строить очень высокие сооружения. Все астрономические и тригонометрические пункты имеют точный номер и вычисленные координаты, которые можно найти в соответствующих каталогах. Без системы таких опорных точек современная карта немыслима.

Топографическая карта района, составленная по аэрофотоснимку.



План окрестностей пионерского лагеря, вычерченный пионерами.



Итак, у нас есть лист бумаги с начерченной градусной сеткой (у топографических карт — с прочерченными рамками карты). Если теперь правильно ориентировать наш лист (планшет), т. е. с помощью компаса направлять меридианы точно на север, а затем нанести на бумагу (по координатам — широте и долготе) опорные пункты, все готово для *съемки ситуации,* т. е. для изображения земной поверхности. Еще недавно основу такого изображения создавали с помощью инструментов, а детали рисовали на глаз. Теперь чаще карту рисуют не на белой бумаге, а на фотоплане, смонтированном из аэрофотоснимков, масштаб которых специально подгоняется. На фотоплане тоже необходимо опознать опорные пункты, чтобы можно было более точно изобразить земную поверхность. Надо различить и обвести тушью реки, дороги, контуры лесов и полей, населенные пункты и т. д., или *дешифрировать* фотоизображение. Потом уже карта и на фотоплане вычерчивается в условных знаках.

Съемку местности ведут на сравнительно небольших участках, в крупном масштабе. Для того чтобы потом из множества таких карт составить мелкомасштабную карту большой территории, мы опять должны нанести на бумагу границы будущей карты, ее градусную сеть, а потом с ее помощью — как по клеточкам — перерисовывать, сильно уменьшая и упрощая («генерализуя»), обобщая и изображение, содержание карты каждого небольшого участка. При этом необходимо, чтобы реки не прерывались, прямая дорога не делала зигзагов, а границы леса и поля при переходе от одного участка к другому совпали.

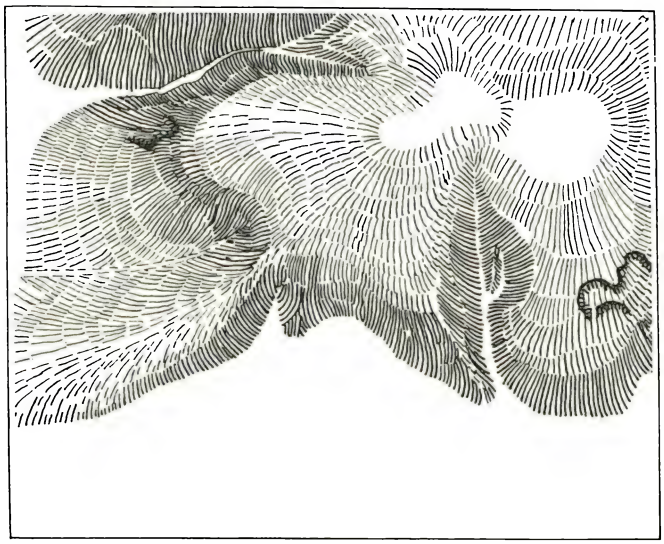
Все это обеспечивается и техникой съемки и составления карт, и математическими расчетами, и мастерством топографов, геодезистов и картографов.

Изображение рельефа Земли

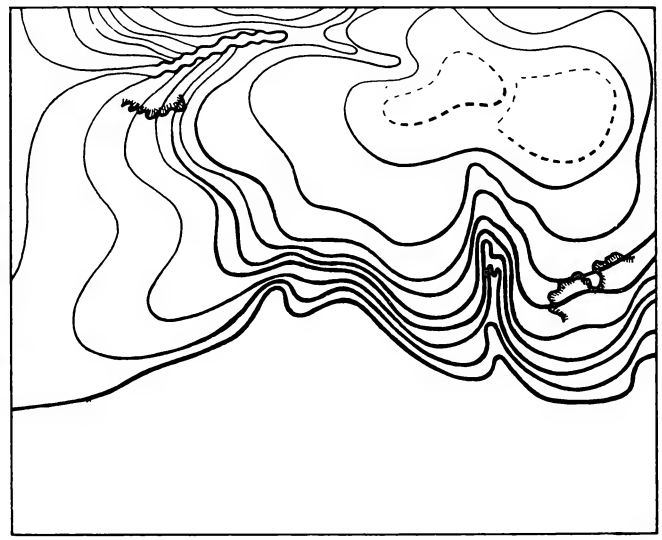
До сих пор, говоря о создании карт, планов и даже глобусов, мы имели в виду изображение поверхности Земли, какой она кажется с высоты, сверху. Но при движении по Земле, при строительстве, при обработке полей, прокладке дороги — буквально на каждом шагу мы сталкиваемся с неровностями земной поверхности, с ее рельефом.

Долгое время на картах рельеф, вернее его наиболее заметные элементы, изображали перспективны-

Изображение рельефа способом штриховки. Чем склон круче, тем штрихи гуще.



Изображение рельефа горизонталями. Там, где горизонтали сближаются, склон круче, где расходятся — положе.



ми зарисовками. На подробных картах рисовали гору, вулкан, овраг, а на обзорных — россыпь отдельных гор или целую горную цепь или просто писали — «горы такие-то». По такой карте можно было найти хорошо заметный ориентир, обрыв или перевал в горах, где между гор проходит дорога.

На рубеже XVIII и XIX вв. к карте предъявляются новые требования. Военным надо было знать и складки местности, и недоступные склоны, и командные высоты. Для строительства каналов, соединяющих судоходные реки разных бассейнов, необходимо было знать, насколько водоразделы возвышаются над долинами рек, как разольются запруженные плотинами воды, где они пойдут самотеком. Нужно было передать на карте высоту, крутизну и пластику склонов, общую картину рельефа и отдельные его формы. Но способы изображения рельефа, которые отражали бы эти его свойства, родились не сразу.

Сначала на карте рисовали очертания оврага или горы в плане, т. е. обводили линией их бровку и подножие, обычно заметные на местности, и оттеняли эти линии штрихами или растушевкой. Постепенно стали заштриховывать весь склон от бровки до подножия, причем условились, что разная толщина и густота штрихов будет соответствовать разной крутизне склона, которую мерили эклиметром — простейшим прибором, основу которого составляют транспортир и отвес.

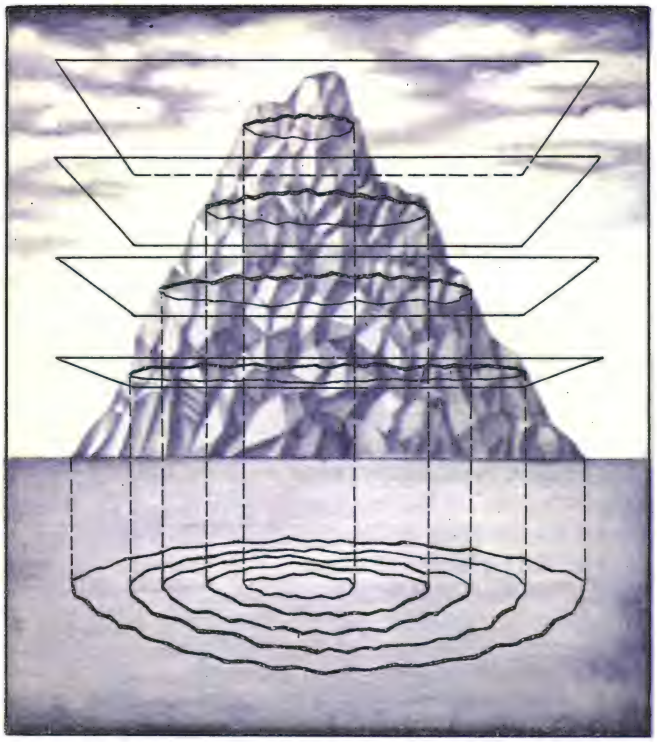
Так родился *штриховой способ*, хорошо передающий пластику рельефа. Но способ этот очень трудоемкий, да и штрихи затрудняли чтение других элементов местности. Наконец, карта в штрихах не передавала данных о высоте, не позволяла строить профили, необходимые для инженерных расчетов.

Еще в 1648 г. французский математик и физик *Б. Паска́ль* применил для измерения высоты горы ртутный барометр: она определялась по разнице давления воздуха на вершине и у подножия. Способ этот не сразу был использован в картографии. Лишь в XVIII в. на картах стали указывать высоту наиболее заметных точек местности — вершин, перевалов и т. д. Со временем это стало главным в изображении рельефа, причем оказалось, что характер изменения высот позволяет передать черты рельефа: его формы, пластику, крутизну склонов.

В основе передачи представления о распределении высот, или *гипсометрии* местности, лежит способ изображения рельефа *горизонталями*, т. е. с помощью линий, все точки которых на местности лежат на одинаковой высоте.

Горизонтали применяли еще в XVI в. инженеры-градостроители: они мысленно как бы разделяли на слои строительную площадку, чтобы знать, где строить здания, или чтобы вычислить объем земляных работ. Но на картах горизонтали утвердились лишь во второй половине XIX в.

При рассказе о том, что такое горизонталь, обычно пользуются представлениями об «идеальном острове», который последовательно заливает вода. Если на поверхности острова прочертить разные уровни стояния воды, в плане они изобразятся в виде замкнутых кривых. Если расстояние по высоте между отдельными горизонталями будет одинаковым, т. е. они будут проведены через определенное сечение, тогда большая густота горизонталей на плане будет



Так вычерчиваются горизонтали — линии на карте, все точки которых на местности лежат на одинаковой высоте.

говорить о большей крутизне склона, а разреженность горизонталей — о его пологости. Чтобы на карте с горизонталями определить разность высот двух точек, надо помножить сечение на число горизонталей между ними, а измерив также и расстояние между ними по карте, можно по двум катетам найти и протяженность склона, и угол его наклона.

Горизонтали передают и представление о формах рельефа: замкнутые, как бы вложенные одна в другую горизонтали изображают холм (гору) или впадину, причем различить их помогают *берг-штрихи* — маленькие черточки, всегда направленные вниз по склону. Втянутая петля горизонталей изображает понижение — долину или балку, а выпуклая — выступ, мыс, водораздел.

Вначале при съемке небольших участков местности определяли с помощью барометра высоту нескольких точек и, сообразуясь с ними, горизонтали рисовали на глаз. Но, как мы уже говорили, по барометру можно определить лишь различие в высоте близрасположенных точек. Между тем надо было дать представление о рельефе обширных пространств. Например, для строительства судоходных каналов нужно было изобразить рельеф водораздела между бассейнами Волги и рек, впадающих в Финский залив. Для этого надо было на картах показывать не только *относительную высоту* точек (т. е. разницу их высот), но и *абсолютную высоту* над уровнем моря. Это не просто, хотя бы потому, что в разных морях и океанах, у разных берегов (из-за нагонных ветров и течений, вращения Земли, приливов, формы берегов и т. д.) уровень воды неодинаков. Поэтому, например, на всех картах СССР абсолютная высота отсчитывается от нуля футштока (рейка для наблюдений за уровнем воды) в Кронштадте, и для опорных точек она вычисляется геодезистами при прокладке триангуляции; топограф использует их данные при съемке местности.

Зная высоту опорных точек, горизонтали можно проводить и по аэрофотоснимкам — на специальных приборах — стереопланиграфах, получая рельефное, т. е. стереоскопическое, изображение на двух соседних (обязательно перекрывающихся) аэрофотоснимках. На подробной топографической карте сечение горизонталей небольшое: 5 м или 10 м, а в случае надобности, например для строительной площадки или карьера, — 1 м и даже менее. На географической карте рельеф рисуют обобщенно, горизонтали проводятся через десятки, а то и через сотни метров (промежуточные пропускаются), а сечение выбирается неодинаково на одной карте: на горах больше, чем на равнинах. Конечно, на карте большой территории нельзя уже изобразить отдельный холм или овраг, на ней изображаются обширные низменности, равнины, возвышенности, плоскогорья, хребты, т. е. участки земной поверхности, отличающиеся своей высотой над уровнем моря. Пространства на географической карте, заключенные между такими обобщенными горизонталями, для наглядности закрашиваются разным цветом, причем под картой помещают соответствующую шкалу высот. Низменности окрашивают в зеленые тона (впадины ниже уровня моря — в темно-зеленые), равнины — в серые, а горы — в коричневые, и чем они выше, тем темнее.

Так же рисуют и рельеф дна океанов, морей и больших озер, проводя по дну *изобаты* — линии одинаковых глубин. Промежутки между ними закрашивают — чем глубже, тем темнее синий тон.

Карта и изучение Земли

До сих пор мы говорили об уменьшенном изображении на карте лика Земли: ее рельефа и водоемов, лесов и полей, путей сообщения и населенных пунктов. Создание таких карт издавна было связано с изучением земной поверхности, со стиранием с нее «белых пятен», т. е. неизведанных еще мест. Теперь уже на Земле нет участков, на которые вовсе не было бы карт. Но это не значит, что задача создания *общегеографических* (общего содержания) карт уже выполнена. Прежде всего, карты составляются

в разных масштабах, т. е. с разной подробностью съемки, что зависит от изученности местности или практических нужд.

Подробные карты масштаба от 1 : 1 000 000 называются *топографическими*. Они пригодны для работы на местности: по ним можно ориентироваться, наметить маршрут движения. Самые подробные из них используются строителями, мелиораторами и т. д. Военные делят топографические карты на *тактические* (до 1 : 100 000) и *оперативные* (1 : 200 000 и мельче). Карты масштаба мельче 1 : 1 000 000 называются *обзорными*, а у военных — *стратегическими*.

Поверхность Земли меняется буквально на наших глазах — целинные степи сменяются сельскохозяйственными полями, прокладываются каналы, вырастают новые города. По картам разных лет съемки можно наглядно видеть все эти процессы.

Общегеографические карты используются также и в качестве основы для создания различных *специальных*, или *тематических, карт*, содержание которых показывает, где и как распространяются те или иные природные или хозяйственные явления, или отражает научные представления людей.

На специальных (тематических) картах иногда особенно тщательно и подробно изображается какой-то один из элементов земной поверхности, в то время как другие совсем не показываются или указываются лишь изредка. Например, на карте речной сети Волжского бассейна можно показать не только самые крупные реки, но и их притоки и притоки этих притоков. Так же можно составить карту лесов, населенных пунктов, дорог и т. д.

Чаще специальные (тематические) карты передают такие сведения о местности, которых на общегеографической карте нет совсем, например: климат, геологическое строение, состав почв и растительности, животный мир и др. Очень широко распространены карты политические, политико-административные, плотности населения, размещения промышленности. Для чтения тематических карт кроме обычных условных знаков надо пользоваться и специальными обозначениями, которые обычно печатаются на том же листе, что и карта. Эти специальные обозначения называют *легендой карты*. Она показывает, чем отличаются те или иные районы, закрепленные на карте определенным цветом, объясняет отдельные значки, соответствующие каким-то объектам на местности.

По своему назначению карты бывают учебные, туристские, научные, навигационные, военные и др. Таким образом, карта — результат изучения Земли и богатый источник знаний о ней. Кроме того, карты наглядно иллюстрируют рассказ о том, где и как распространены те или иные явления, где происходили описываемые события и т. д.

В этом томе помещены цветные специальные карты рельефа, тектоники, почв, климата, распространения животных и растений. Много и исторических карт с маршрутами отдельных путешествий. Карты встречаются и в школьных учебниках.

Знакомы школьникам и атласы, в которых собраны не только карты разных стран, республик и областей нашей страны, но и целые наборы специальных (тематических) карт, характеризующих одну территорию: материк, страну, республику, область. В частности, в последнее время в нашей стране выпущено много атласов о природе, хозяйстве и населении всего мира, территории СССР, отдельных республик и областей.

Земля и ее оболочки

Разнообразные горные породы, выходы которых мы часто видим на поверхности, слагают *твердую оболочку* земного шара, или *земную кору*. В толще коры залегают уголь, нефть, руды железа и других металлов, драгоценные и поделочные камни. В поисках полезных ископаемых люди уже тысячи лет назад научились проникать глубоко в земную кору. При этом рудокопы заметили, что чем глубже горные выработки, тем выше в них температура. Наблюдения за действующими вулканами привели человека к мысли, что на значительной глубине горные породы находятся в расплавленном состоянии.

Греческий философ *Эмпедо́кл* (V в. до н. э.), ссылаясь на действующие вулканы и горячие источники, высказал мысль о расплавленном состоянии внутренних частей Земли. Эмпедокл изучал вулкан Этна, по склонам которого временами текли мощные потоки лавы, заливавшие окрестности на десятки километров. Он предпринял отчаянно смелое путешествие в глубь кратера и погиб в жерле вулкана.

С той далекой поры человечество прошло большой путь развития и накопило много фактов, которые ученые начали обобщать в гипотезы.

В науке XVIII в. господствовало представление, что внутри земного шара находится огненно-жидкое ядро, с которым связаны повышение температуры в недрах Земли и вулканические явления. Однако стройное учение о происхождении и строении Земли было создано только в конце XVIII в.

Немецкий философ *Иммануил Кант*, а несколько позднее французский астроном и математик *Пьер Симон Лаплас* выдвинули гипотезу возникновения планет Солнечной системы. Они полагали, что до образования Солнечной системы существовала туманность, состоящая из отдельных движущихся частиц или газа. В результате сжатия туманности она постепенно раскалялась. Вращающаяся раскаленная туманность приобрела сплюснутую форму. Затем при увеличении скорости вращения от нее постепенно отделились слои вещества и образовали ряд колец. Каждое из них под действием сил взаимного притяжения слагавших его частиц постепенно превратилось в шаровидное тело — планету. Сначала планеты были раскаленными, но потом, по мере излучения тепла в мировое пространство, стали остывать. Центральная часть туманности после сжатия и отделения от нее ряда колец стала Солнцем.

По гипотезе Канта и Лапласа, земное ядро должно быть огненно-жидким, а земная кора — продукт остывания некогда огненно-жидкого шара.

Несколько позднее стали раздаваться, правда вначале очень робко, возражения ученых против этой гипотезы. В частности, у нас в России выдающийся ученый академик В. И. Вернадский считал, что Земля никогда не была огненно-жидкой. В настоящее время эта точка зрения принята наукой. Большинство современных геофизиков и геологов отрицают стадию огненно-жидкого состояния Земли при ее образовании и объясняют разогрев земных оболочек процессами радиоактивного распада.

Интересная космогоническая гипотеза (космогония — наука о происхождении и развитии небесных тел и их систем) образования планет разработана коллективом советских ученых под руководством академика *О. Ю. Шмидта*. По этой гипотезе планеты возникли из облаков космической пыли, которая обращалась некогда вокруг Солнца. По определению О. Ю. Шмидта, Земля возникла как холодное тело, поэтому земная кора вовсе не «шлак», который появился на поверхности раскаленной жидкой массы земного шара, а выплавлена из нее. Со временем она стала нагреваться в результате различных, прежде всего радиоактивных, процессов.

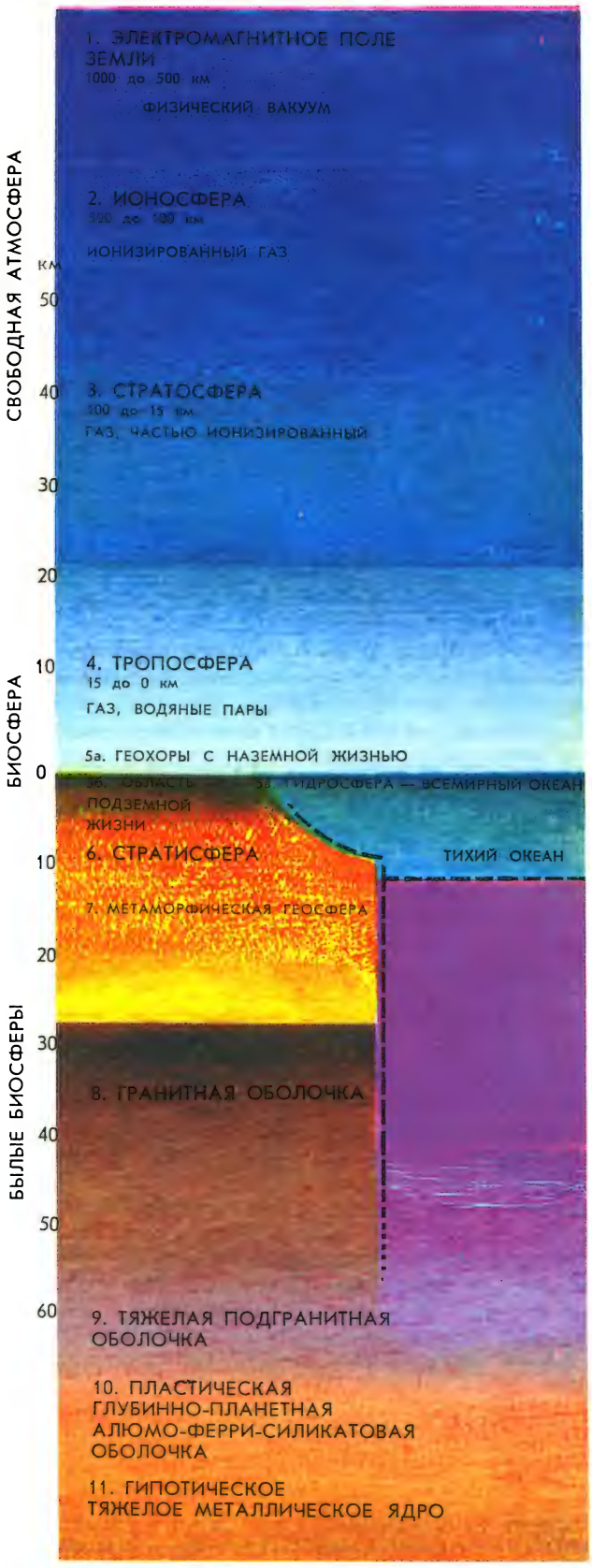
Но не одни гипотезы помогают теперь ученым познавать внутреннее строение земного шара. Разработаны очень точные *геофизические методы* исследования (см. ст. «Внутреннее строение Земли»). Они основаны на изучении колебаний земной коры, возникающих при землетрясениях или искусственных взрывах. При этом в Земле возникают *сейсмические волны*, или колебания. Линии, вдоль которых они распространяются, называются *сейсмическими лучами*. Существует два вида колебаний: продольные и поперечные. *Продольные волны* распространяются в твердом теле от места взрыва или центра землетрясения, вызывая последовательные сжатия и разрежения частиц вещества Земли, при этом частицы колеблются в направлении распространения волны. *Поперечные волны* — это колебания частиц в теле Земли перпендикулярно направлению сейсмического луча.

Если бы Земля была однородным телом, то сейсмические волны распространялись бы прямолинейно и с одинаковой скоростью. Изучение скоростей распространения различных волн в Земле показало, что земной шар состоит из ряда концентрических зон с различной плотностью и различным составом.

Самые верхние слои земной коры состоят преимущественно из пластов осадочных горных пород, образовавшихся путем осаждения различных мелких частиц, главным образом в морях и океанах. В этих пластах захоронены остатки животных и растений, населявших в прошлом земной шар. Они с течением времени превратились в окаменелости, которые позволяют от пласта к пласту восстанавливать историю развития жизни на Земле. Общая мощность (толщина) осадочных пород в редких случаях достигает 15—20 км. Средняя скорость распространения в них продольных колебаний от 2 до 5 км/с.

А что же находится под осадочными горными породами? На этот вопрос дают ответ обнажения горных пород, буровые скважины, а также сейсмические волны. Оказалось, что сейсмические волны распространяются в глубине Земли с различными скоростями на континентах и на дне океана. Отсюда ученые сделали вывод, что на Земле существует два главных типа твердой земной коры: континентальный и океанический.

Мощность коры *континентального* типа в среднем 30—40 км, а под горами достигает местами 70 км. Континентальная часть земной коры распадается на ряд слоев, число и мощность которых изменяются от района к району. Обычно ниже осадочных пород выделяют два главных слоя: верхний — *гранитный*, близкий по физическим свойствам и составу к граниту, и нижний — *базальтовый* (предполагается, что



Геологические оболочки и геосферы Земли (по В. И. Вернадскому). Схема упрощена.

он состоит из более тяжелых пород, главным образом из базальта). Толщина каждого из этих слоев в среднем 15—20 км.

Океаническая кора гораздо тоньше — 3—7 км. По составу и свойствам она ближе к веществу базальтового слоя континентальной коры, т. е., видимо, состоит главным образом из базальта или других пород, богатых магнием и железом. Но этот тип коры свойствен только глубоким участкам дна океанов — не менее 4 тыс. м. На дне океанов есть области, где земная кора имеет строение континентального или промежуточного типа. Базальтовый слой отделяется от нижезалегающих пород поверхностью, получившей название *поверхности Мохоровичича* (по имени открывшего ее югославского ученого). Скорость сейсмических волн глубже этой поверхности сразу резко увеличивается до 8,2 км/с, что обусловлено, вероятно, изменением упругих свойств и плотности вещества Земли.

Поверхность Мохоровичича, наблюдаемая во всех областях земного шара, условно считается нижней границей земной коры. Под ней до глубины 2900 км расположена внутренняя оболочка Земли, или *мантия*. Она разделяется на два слоя: верхнюю мантию и нижнюю мантию. Ученые считают, что верхняя мантия по химическому и минералогическому составам близка к горным породам, богатым магнием и железом, имеющим значительную плотность. Такие породы, очевидно, напоминают перидотиты — глубинные породы, которые кое-где встречаются и вблизи земной поверхности. Для промежуточного слоя характерно сильное возрастание скоростей сейсмических волн и увеличение электропроводности вещества Земли. Нижний слой оболочки отличается однородностью по сравнению с верхним.

Небольшое понижение скорости сейсмических волн наблюдается на глубине 100—150 км. Предполагают, что в этом слое температура близка к температуре плавления. Это подтверждается очень малым числом очагов землетрясений.

На большинство геологических процессов, происходящих в верхних частях земной коры, активно влияют процессы глубинных недр. Ученые все более и более убеждаются, что движения земной коры, которые вызывают образование гор, трещины, разрывы, землетрясения и вулканизм, обусловлены источниками энергии и выделениями вещества в верхних слоях мантии. Поэтому изучение верхней мантии имеет огромное научное и практическое значение.

Под мантией находится *земное ядро*. Внешняя часть земного ядра обладает свойствами жидкости: через него не проходят поперечные волны. Радиус

земного ядра около 3470 км. При переходе от оболочки (мантии) к ядру резко изменяются физические свойства вещества. Температура внутри Земли наиболее быстро возрастает в пределах земной коры, далее растет медленнее и на больших глубинах остается, вероятно, почти постоянной. Точно температура земных недр неизвестна, но, по-видимому, в ядре не меньше 2000° и не больше 5000°.

В ядре заключено еще *внутреннее ядро* Земли; его радиус около 1250 км. Оно, вероятно, находится в твердом состоянии. Надо иметь в виду, что условия существования материи в больших глубинах земного шара резко отличны от условий на земной поверхности. Такие условия мы пока не смогли создать и в лабораториях.

Геофизики предполагают, что материки возникли в результате процесса разделения, или дифференциации, вещества Земли. Этот процесс приводит к обеднению отдельных участков оболочки Земли кремнекислотой, окисью алюминия, щелочными металлами и выносу их наверх — в земную кору, где они образуют континенты. Таким образом, в земном шаре, на основе сейсмических данных, различают следующие зоны, обладающие специфическими физическими свойствами: земная кора, верхняя мантия, промежуточный слой, нижняя мантия, внешнее ядро и внутреннее ядро.

Изучая нашу планету в целом, ученые уже давно выделили ряд присущих ей оболочек (или сфер): воздушную оболочку, или *атмосферу*; жидкую оболочку, или *гидросферу* («гидро» — вода), и *литосферу* («литос» — камень) — твердую оболочку, или, как ее теперь называют, земную кору. В начале XX в. учение о внешних оболочках Земли развил В. И. Вернадский. Он выделил еще прерывистую *ледяную оболочку*, а также *биосферу* — область Земли, в которой развивается жизнь.

Мнения ученых о происхождении жидкой и газообразной оболочек Земли расходятся. Наиболее распространенное из них сводится к тому, что вещество, слагающее недра нашей планеты, в процессе разделения (дифференциации) прежде всего теряет воду и газы. Выделившиеся при этом воды скапливались в океанах, положив начало образованию гидросферы. Первоначальные же газы утеряны Землей — они улетучились в мировое пространство. Основные газы современной атмосферы, в частности кислород, азот, углекислый газ, вторичные: они образовались в результате распада воды, окисления соединений азота и жизнедеятельности растений.

Наконец, академик *А. А. Григорьев* предложил выделить особую — *географическую оболочку* Земли, располагающуюся на границе литосферы и атмосферы и охватывающую всю гидросферу. Эта оболочка, в которой вещества могут быть во всех трех агрегатных состояниях — в твердом, жидком и газообразном, служит *географической средой* обитания человеческого общества. Представления о географической оболочке (иногда ее называют ландшафтной оболочкой Земли) во многом соответствуют представлениям о биосфере, и некоторые ученые считают их синонимами.

Так в самых общих чертах можно представить себе строение нашей планеты. Но при этом надо помнить, что все оболочки Земли построены весьма сложно. Об их строении и происходящих в них процессах, о приуроченных к ним интересных явлениях природы подробнее рассказывается в других статьях нашего тома.

Таинственный мир под ногами

Ученые давно стремятся раскрыть тайны глубин нашей планеты.

Сейчас разрабатываются проекты сверхглубокого бурения земной коры. Исследования глубин Земли помогут выяснить закономерность в распространении полезных ископаемых в земной коре и создать более точные карты прогнозов, обосновывающие правильное направление поисков минерального сырья. Развитие глубинного бурения подводит нас также вплотную к широкому использованию тепловой энергии Земли. Температура глубинных подземных источников достигает 200°. Их можно использовать для выработки электроэнергии, для отопления городов, для выращивания овощей в теплицах.

Глубинное бурение позволит ответить на многие загадки в истории Земли. По содержащимся в слоях окаменелостям животных и растений можно будет с большой полнотой восстановить недостающие страницы в истории развития жизни на Земле, особенно в отдаленные эпохи. Вероятно, ученые смогут ответить на такие важные вопросы: почему одни участки суши поднимаются, а другие опускаются; почему происходят землетрясения; из каких слоев изливается на поверхность лава; движутся ли материки или устойчиво стоят на месте и т. д.

Недра Земли

Внутреннее строение Земли

Человеку давно хотелось узнать, что находится в глубине Земли. Но узнать это не так-то легко. Пока что нам удалось проникнуть внутрь Земли столь же незначительно, как комару своим жалом внутрь человека. Чтобы пробурить скважину глубиной в несколько километров, нужно затратить многие месяцы, а то и годы дорогостоящего труда. Приходится изыскивать способы исследования земных недр.

Как изучают недра Земли

С давних пор геологи изучают *обнажения*, т. е. места, где видны коренные горные породы — камень, глина, песок и т. д. (например, обрывы). Где обнажений мало или их нет вовсе, роют шурфы (ямы) и канавы. В некоторых местах пробуривают скважины глубиной в сотни метров и более и вынимают куски породы, которую бурят. Так составляется сплошная колонка пройденных скважиной горных пород.

Горные породы обычно залегают слоями, горизонтально или наклонно. Слои могут быть прямыми или изогнутыми. Изучив их расположение на некоторой территории, геолог мысленно определяет, как слои проходят под землей. Такой метод позволяет исследовать только верхнюю часть земной коры, самое большее до глубины в несколько километров, и притом лишь на суше.

Гораздо глубже проникнуть внутрь Земли помогает *геофизика* — наука, изучающая физические свойства и физическое состояние земного шара. Геофизика делится на *физику атмосферы, физику моря* и *физику твердой Земли*. Последнюю чаще называют просто физикой Земли, потому что слово «твердой» не совсем точно: сюда входит и физика земного ядра, внешняя часть которого жидкая. Физика Земли, в свою очередь, делится на *сейсмологию, гравиметрию, магнитометрию, электрометрию* и *геотермику*.

Для познания глубоких недр Земли в наше время больше всего дает *сейсмология* — наука о землетрясениях. Землетрясение происходит оттого, что в каком-то небольшом пространстве внутри Земли — очаге землетрясения — возникает разрыв: одна часть горных пород внезапно соскальзывает, сдвигается относительно другой. При этом из очага расходятся упругие сейсмические волны двух видов: *продольные*, похожие на звуковые волны,— частицы вещества колеблются вперед-назад вдоль направле-

ния хода волны, *поперечные*, когда колебания происходят поперек хода волны. Продольные волны идут почти вдвое быстрее поперечных. Дойдя до поверхности Земли, эти сейсмические волны порождают на ней поверхностные волны, которые и производят разрушения при землетрясениях (см. ст. «Землетрясения»).

Вдали от *эпицентра*, т. е. места наибольшего сотрясения на поверхности Земли, землетрясение людьми не ощущается, но чувствительные приборы — сейсмографы — записывают на бумажной ленте колебания почвы. Сильные землетрясения записываются даже на другой стороне земного шара. По этим записям — сейсмограммам — удается установить путь упругой волны в толще Земли и ее скорость в каждой точке пути.

Дело это не простое. Скорость волны зависит от состава горной породы, от температуры и давления, под которым эта порода находится. Так же как волны света и звука, сейсмические волны могут отражаться и преломляться. Их пути в Земле обычно бывают искривлены. Между тем из сейсмограммы можно узнать лишь время прихода волны, ее период и амплитуду. Вдобавок сейсмограф, естественно, в одной записи регистрирует все волны: продольные, поперечные и поверхностные, преломленные и отраженные, причем они нередко накладываются друг на друга. Вычислить путь и скорость каждой волны нелегко. Поэтому сейсмология — очень интересная, но сложная наука.

Для небольших глубин (до нескольких десятков километров) используют методы сейсмической разведки и глубинного сейсмического зондирования. Землетрясение заменяют взрывом небольшого заряда, закопанного в землю или опущенного в воду. Преимущество такого способа в том, что время и место взрыва известны исследователю, а время толчка в очаге землетрясения и положение очага (в особенности глубину) вычисляют по сейсмограммам.

Гравиметрия изучает ускорение силы тяжести (обычно для краткости говорят просто «сила тяжести») в различных местах на Земле. Известно, что сила тяжести меньше всего на экваторе и постепенно возрастает к полюсам. Но на это правильное распределение накладываются очень небольшие местные отклонения — аномалии силы тяжести (гравитационные аномалии). Они происходят от неодинаковой плотности горных пород: над скоплениями тяжелых пород сила тяжести больше, над скоплениями легких пород — меньше. Чтобы обнаружить аномалию, силу тяжести надо измерить с точностью до одной миллионной доли измеряемой величины. В этом главная трудность.

Силу тяжести чаще всего измеряют с помощью гравиметров. Это, по существу, необыкновенно чувствительные и точные пружинные весы с постоянным грузом. Иногда ее определяют по периоду качания специально устроенного маятника, а в последнее время расположение главных аномалий на земном шаре устанавливают, наблюдая движение искусственных спутников Земли. Зная места аномалий, можно узнать, в каких районах находятся более легкие и более тяжелые массы в Земле. Но определить глубину залегания этих масс часто бывает весьма трудно.

Гравиметрические измерения и астрономические наблюдения, включая наблюдения искусственных спутников, позволяют также вычислить общую массу Земли, момент ее инерции и форму. *Момент инерции* — это физическая величина, которая для вращающегося тела имеет тот же смысл, что инерция для тела, движущегося прямолинейно. Чем больше инерция тела, тем труднее изменить скорость его прямолинейного движения. Точно так же, чем больше момент инерции, тем труднее изменить скорость вращения. Момент инерции Земли зависит от распределения плотности в Земле: чем меньше плотность ее наружной части и больше плотность центральной, тем меньше момент инерции (при заданной массе Земли).

Формой Земли называют форму поверхности морей и океанов, мысленно продолженную под материки. Именно от этой воображаемой поверхности отсчитывают высоту какой-нибудь точки на материке, когда говорят «высота над уровнем моря». Как уже говорилось выше (см. ст. «Как измерили Землю»), форма этой поверхности очень мало отличается от слегка сжатого, как бы сплющенного эллипсоида (эллипсоид получается при вращении эллипса вокруг его оси). Сплющенность земного эллипсоида невелика: его полярная ось, или ось вращения, только на $^1/_{298}$ короче экваториальной оси, т. е. диаметра экватора.

Магнитометрия изучает магнитное поле Земли (см. ст. «Земля — магнит»). Магнитные аномалии (нарушения) указывают на залежи пород, способных намагничиваться. Сильно намагничиваются некоторые железные руды, слабее — лавы вулканов и другие породы.

Электрометрия изучает электрические токи в Земле. Для разведки полезных ископаемых на исследуемой площади создают искусственно ток и, измеряя силу его в разных точках, определяют расположение пород с различной электропроводностью.

Для изучения более глубоких недр Земли используется *магнитотеллурическое зондирование*. Оно со-

стоит в том, что наблюдают одновременно вариации (изменения) магнитного поля, порождаемые космическими причинами, и теллурические (земные) токи, возникающие в Земле как следствие этих вариаций благодаря индукции. Этот метод позволяет определить электропроводность вещества Земли на различных глубинах, вплоть до нескольких сотен километров. Электропроводность зависит от температуры, поэтому таким образом мы получаем некоторые сведения о температуре земных недр.

Вообще же изучением температуры и тепловых процессов в Земле занимается *геотермика*. Температуру измеряют специальными термометрами в буровых скважинах. Некоторое представление о состоянии земных недр получают, измеряя температуру горячих источников и вулканических лав. Установлено, что из недр Земли наружу все время идет поток тепла. Измерение этого потока в разных местах на Земле — важнейшая задача геотермики.

Главные геосферы

Собрав все сведения, добытые разными науками, ученые стремятся составить представление о том, как устроен наш земной шар.

Мы уже упоминали, что больше всего сведений о глубоких недрах Земли дает сейсмология. На графике показано, как в зависимости от глубины изменяется скорость сейсмических волн. На основании такого распределения скоростей «твердая» Земля делится на несколько геосфер, или оболочек (рис. на стр. 46). Прежде всего ее делят на три части: тонкую наружную *кору*, огромную *мантию*, занимающую $^5/_6$ всей Земли по объему и $^2/_3$ по массе, и *ядро* в середине. При переходе из одной геосферы в другую скорости сейсмических волн на поверхности их раздела изменяются скачком.

Поверхность, отделяющая кору от мантии, называется *поверхностью* или *границей Мохоровичича* (сокращенно ее называют *«мохо»* или «поверхность *M*»). Скорость продольных волн в коре у поверхности Мохоровичича около 7 км/с, а в мантии — около 8 км/с. На графике этот скачок скоростей плохо виден, так как кора слишком тонка для его масштаба. Зато очень хорошо виден скачок на глубине 2900 км. Тут при переходе из мантии в ядро скорость продольных волн резко падает: с 13,6 км/с до 8,1 км/с. Поперечные волны вообще не проходят сквозь ядро.

На том же графике показано и изменение плотности с глубиной. Где изменяются скачком скорости сейсмических волн, там скачком изменяется и плотность. При переходе через границу Мохоровичича от коры в мантию плотность возрастает с 2,9 т/м^3 до 3,2 т/м^3. При переходе из мантии в ядро плотность тоже возрастает (а не падает, как скорость продольных волн), и притом очень сильно: с 5,6 т/м^3 до 10,1 т/м^3.

Плотность у границы Мохоровичича определяют исходя из предположений о составе коры и мантии у этой границы, а эти предположения, в свою очередь, опираются главным образом на скорости сейсмических волн. Далее все распределение плотности в мантии и ядре с глубиной получают путем вычислений. О распределении плотности в Земле мы знаем гораздо меньше, чем о распределении сейсмических скоростей.

Исходя из изменения плотности с глубиной, вычисляют изменения силы тяжести. В коре и в мантии она остается примерно такой же, как и на поверхности Земли. В ядре сила тяжести убывает с глубиной и в его центре исчезает вовсе. Это и понятно: здесь сила притяжения Земли действует одинаково во все стороны, так что равнодействующая равна нулю.

Зная изменение плотности и силы тяжести, вычисляют и изменение давления с глубиной. Эта кривая тоже показана на графике (стр. 45). Давление быстро растет с глубиной и в центре Земли достигает 3,7 млн. атм.

Рассмотрим теперь главные геосферы более подробно, более детально.

Земная кора

Если взглянуть на глобус, прежде всего бросается в глаза, что суша и вода собраны в обширные пространства: суша — в материки, вода — в океаны. Правда, в океанах есть острова, а на суше озера. Но это не нарушает общей картины. Исследования показали, что разделение земной поверхности на материки и океаны не случайно, а зависит от строения земной коры.

Материковая кора устроена иначе и отличается по толщине от *океанической*. Правда, край материковой коры не совпадает с береговой линией. Если считать материком всю площадь сплошной материковой коры — а с геологической точки зрения это

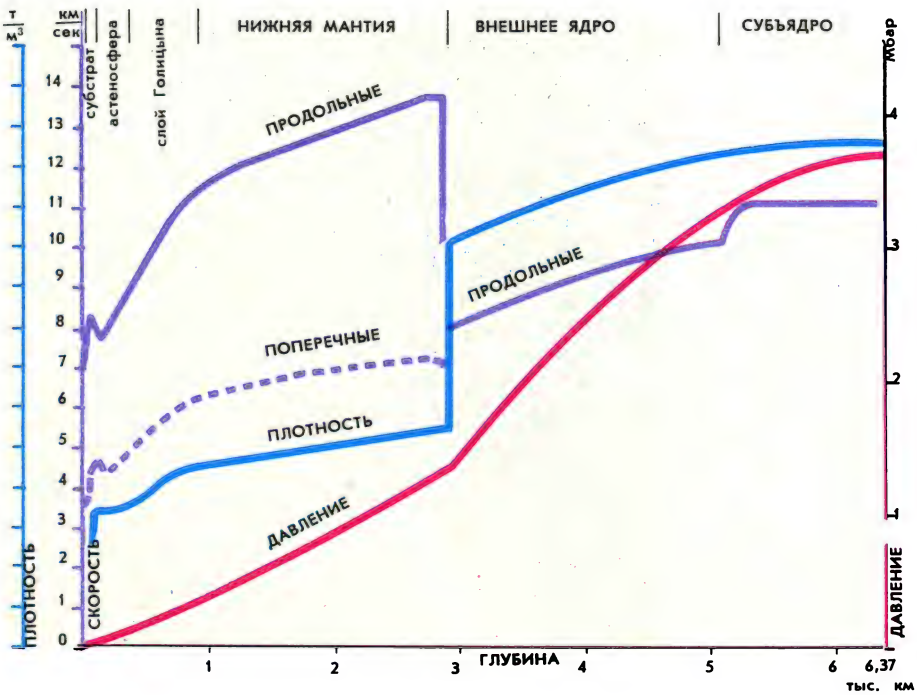
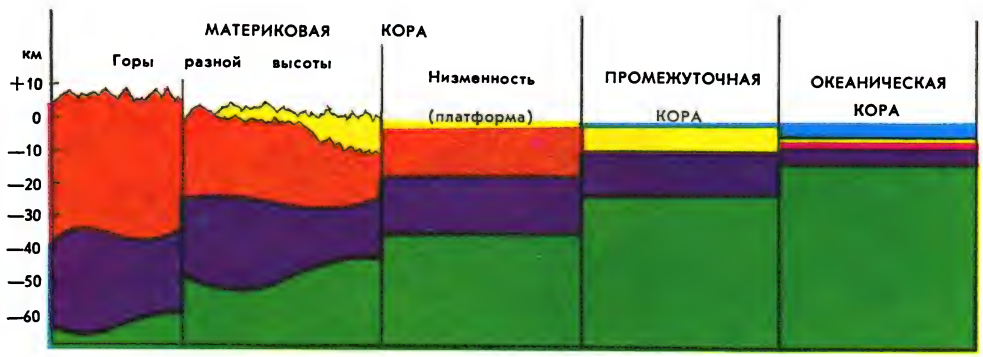


График изменения скорости сейсмических волн, плотности вещества Земли и давления в зависимости от глубины.



Типичное строение земной коры.
На рисунке желтым цветом обозначен осадочный слой, голубым — вода, оранжевым — гранитный слой, фиолетовым — базальтовый, малиновым — второй слой под океаном, зеленым — субстрат (мантия). Цифрами указаны высота (+) и глубина (—) от уровня моря.

и есть настоящий материк,— то такие материки больше географических. Мелкие моря и заливы, а то и просто прибрежные зоны глубиной до 200 м, а иногда и больше — это части материков, лишь временно залитые морем. Их называют *шельфом*. На шельфе, например, расположены моря Белое, Азовское, Восточно-Сибирское, Гудзонов залив и др. Геологические исследования показывают, что в разные эпохи море заливало другие части материков.

Океаническая кора, наоборот, занимает не все пространство океанов; она расположена лишь там, где глубина моря превышает 4 км.

Остальная площадь Земли покрыта корой промежуточного типа. Вся кора занимает около 1% Земли по объему и около 0,5% по массе.

Материковая кора состоит в основном из трех слоев: осадочного, гранитного и базальтового. Верхний — *осадочный* — слой состоит из осадков (наносов), образованных на поверхности Земли из продуктов разрушения плотных (кристаллических) горных пород. Эти осадки обычно залегают слоями. В одном и том же месте могут чередоваться слои разнообразного состава, например: глины, пески, известняки, мергеля, песчаники, сланцы, конгломераты и т. д. Толщина, или, как говорят геологи, мощность, осадочного слоя бывает различна: иногда она достигает 15 км и больше, а в некоторых местах этого слоя нет совсем.

Изучение осадочной оболочки Земли дает возможность определить, где и в какое время земная поверхность опускалась и где поднималась. Изучение истории поднятий и опусканий земной коры показывает, что они шли везде и всегда, продолжаются и сейчас. Поднятия и опускания в разных местах шли с различной скоростью и чередовались нередко много раз. Были и горизонтальные движения, но они меньше изучены, потому что обнаружить их признаки в древних толщах гораздо труднее.

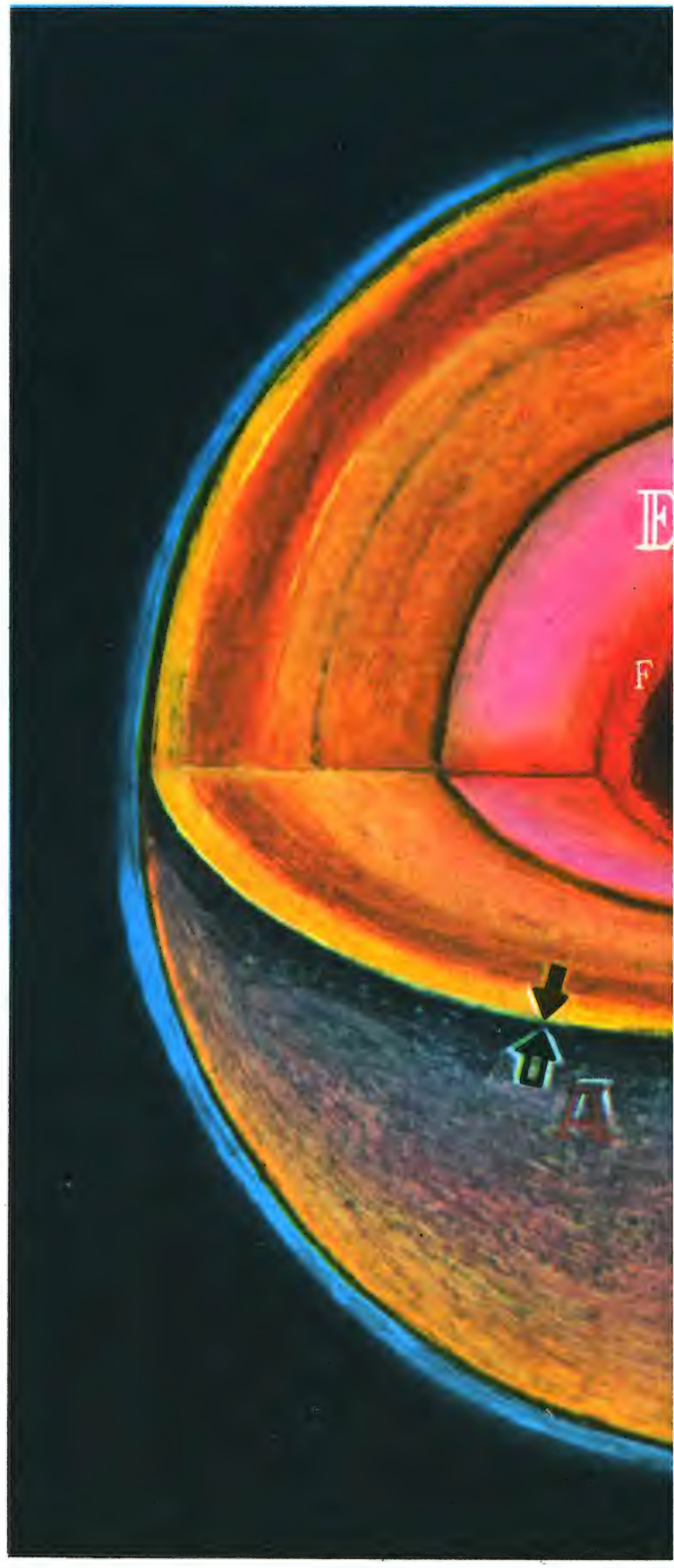
Подвижность земной коры не везде одинакова. На земном шаре выделяются наиболее подвижные ее площади, или области, названные *геосинклиналями*. Синклиналь — это складка, прогнутая вниз. Термин «геосинклиналь» использован потому, что в наиболее подвижных областях земной коры накапливаются огромные толщи отложений, что свидетельствует о длительном прогибании этих областей. Геосинклиналь обычно имеет вид очень длинной полосы, часто протяженностью более тысячи километров. В развитии геосинклиналей ученые наблюдают две стадии.

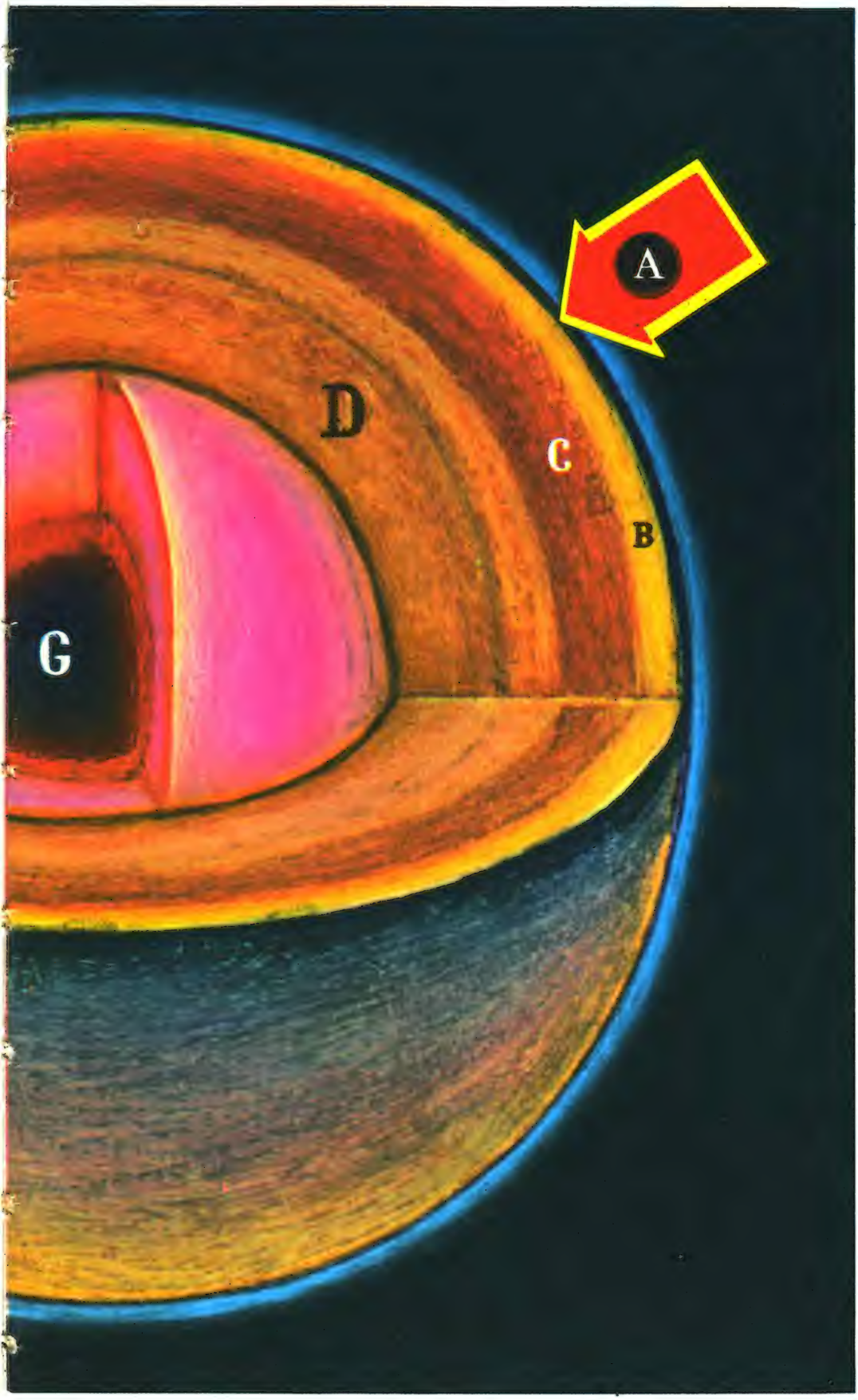
В течение первой, наиболее долгой, геосинклиналь прогибается и в ней накапливаются толщи отложений мощностью до 10—20 км. Затем наступает вторая стадия развития — слои отложений, накопленные в геосинклинали, сминаются в складки и поднимаются, образуя горные хребты. После этого подвижность земной коры в таких областях ослабевает, замирает, горы размываются, и геосинклиналь превращается в *платформу* — поверхность с очень медленными, слабыми вертикальными движениями.

Разные геосинклинали в разное время начинали и заканчивали свое развитие (см. ст. «Геологическая история Земли»). При этом платформы часто соединялись друг с другом и образовывали обширные равнины. Такова, например, Восточно-Европейская равнина. На платформах на обширных пространствах отлагались различные осадки в виде ровных слоев осадочных горных пород, обычно не смятых в складки. Общая мощность таких отложений редко бывает больше 2—3 км. Другие части платформ, наоборот, поднимались и подвергались смыву.

Осадочный слой в геосинклиналях и на платформах подстилается *«гранитным»*. Этот слой назван так потому, что скорости сейсмических волн в нем такие же, как в граните. Состоит он из разных метаморфических и изверженных (преимущественно гранитов и гнейсов) пород кристаллического сложения. Под ним залегает *«базальтовый»* слой, названный так опять по скоростям сейсмических волн. Действительный состав его неизвестен. Одни исследователи полагают, что он сложен породами типа базальта, другие — что он состоит из метаморфических пород, но степень метаморфизма очень высока.

Океаническая кора устроена иначе, чем материковая, хотя тоже разделяется на три слоя. Гранитного слоя в ней нет совсем. Осадочный слой обычно очень тонок (менее 1 км). Под ним лежит слой, состав которого неизвестен, поэтому его называют просто вторым слоем. Третий слой — «базальтовый». По скоростям сейсмических волн он похож на базальтовый слой материковой коры.





Внутреннее строение земного шара. Геосферы окрашены условно в разные цвета, чтобы легче было их различать.
В действительности все горные породы под земной корой темного или даже черного цвета, но они нагреты до температуры белого каления. A — земная кора, толщина ее различна в разных местах. На рисунке она показана условно, так как слишком тонка для такого масштаба. B — наружная часть верхней мантии. Состоит из субстрата, под которым расположен слой Гутенберга. C — слой Голицына, в котором скорость сейсмических волн особенно быстро возрастает с глубиной. Зоны B и C вместе составляют верхнюю мантию. D — нижняя мантия. E — внешнее ядро. Находится в жидком (расплавленном) состоянии — обладает металлическими свойствами. F — переходная зона между внешним ядром и субъядром. G — субъядро. По-видимому, твердое. Зоны E, F и G вместе составляют земное ядро.

Промежуточная кора в разных местах имеет различное строение, промежуточное между материковой и океанической. Так, например, бывает, что в ней нет гранитного слоя, зато осадочный имеет огромную мощность — до 20 км.

Платформы сложены материковой корой толщиной 30—40 км, причем гранитный и базальтовый слои здесь имеют примерно одинаковую толщину. Однако в горных странах геосинклинального происхождения толщина материковой коры доходит иногда до 70 км. Толщина океанической коры колеблется обычно от 3 до 7 км. Вообще строение океанов резко отличается от строения материков (см. ст. «Дно Мирового океана»). Промежуточная кора имеет и толщину, промежуточную между материковой корой и океанической.

Самую верхнюю часть мантии непосредственно под корой часто называют *субстратом*. С помощью гравиметрии и глубинного сейсмического зондирования выявлена очень важная закономерность: чем выше расположена какая-нибудь местность, тем толще под ней кора и тем глубже опущена в субстрат нижняя поверхность коры. Поверхность Мохоровичича повторяет рельеф земной поверхности в перевернутом виде, т. е. как бы отраженный в горизонтальном зеркале, с увеличением вертикального масштаба в несколько раз. Субстрат тяжелее коры, и можно сказать, что кора расположена так, как если бы она плавала в нем по закону Архимеда. Это явление называется *изостазией*. Есть места, где изостазия сильно нарушена, например глубоководные желоба.

Мантия

Объем мантии составляет 83% объема Земли, масса — 67% массы нашей планеты. Мантия делится на несколько геосфер, и прежде всего на верхнюю и нижнюю мантии. Между ними нет резкой границы, условно она проходит на глубине 900 км. Верхнюю мантию еще подразделяют на несколько сферических зон.

Скорости сейсмических волн в мантии растут с глубиной. Но начиная с глубины 80—100 км под материками и около 50 км под океанами они понижаются на протяжении около 100 км, потом начинают повышаться и на глубине около 400 км приходят опять к тем значениям, которые соответствуют общему ходу кривых на графике скоростей в этой части мантии. Особенно заметно понижение скорости поперечных волн. Эту зону пониженных скоростей сейсмических волн называют *слоем Гутенберга*.

Почему существует слой Гутенберга?

Давление и температура в Земле растут с глубиной. Действия их на вещество противоположны. Приток тепла приводит к увеличению объема и в конце концов к расплавлению вещества, а давление уменьшает объем и мешает расплавлению, так как повышает точку плавления (температурную). Во всех других зонах мантии давление берет верх: вещество там находится в твердом кристаллическом состоянии. Слой же Гутенберга, по-видимому, создан частичной победой тепла. Здесь температура близка к точке плавления материала мантии. Из-за большого давления он не расплавляется, а находится в аморфном состоянии. Есть и другое предположение: в слое Гутенберга расплавились только самые легкоплавкие кристаллы, так что в твердом в общем веществе вкраплены отдельные капли жидкости. Из обоих предположений вытекает, что для слоя Гутенберга характерна пониженная вязкость, а это очень важно для объяснения многих процессов.

Дело в том, что горные породы при большом давлении и температуре могут медленно течь, оставаясь твердыми, как течет ледник с горы. Очевидно, что перетекание материала при неравномерном давлении как раз и происходит в слое Гутенберга, который часто называют *астеносферой*, т. е. слабой сферой. Считают, что изостазия возникает благодаря перетеканию материала в астеносфере.

Полной победы тепла мы не наблюдаем ни на какой глубине вплоть до границы земного ядра: нигде — ни в коре, ни в мантии нет сплошного жидкого слоя. Это доказывается тем, что поперечные упругие волны свободно проходят сквозь кору и всю мантию, а известно, что сквозь жидкость они не проходят. Расплавленная магма, которая создает интрузии и питает вулканы, образуется лишь в отдельных местах в коре или приходит из отдельных очагов (карманов), расположенных в субстрате или астеносфере, а может быть и глубже. Твердость верхней мантии подтверждается еще и тем, что в ней (как и в коре) наблюдаются очаги землетрясений — в некоторых областях до глубины 700 км. Глубже землетрясений не бывает.

Вся остальная часть верхней мантии под астеносферой называется *слоем Голицына*, чаще ее называют просто слоем С (геосферы обозначены латинскими буквами: A — кора, B — субстрат и астеносфера вместе, C — слой Голицына, D — нижняя мантия, E, F, G — различные слои в земном ядре, о которых скажем дальше).

В слое Голицына скорости сейсмических волн с глубиной растут особенно быстро. Чем это объясняется? Предполагается, что верхняя мантия состоит в основном из форстерита; это минерал, в состав которого входят кремнезем и магний. К нему примешан фаялит, в его составе есть кремнезем и железо и в небольших количествах другие силикаты (т. е. минералы с примесью кремнезема). Кристаллы форстерита и фаялита на поверхности Земли имеют строго определенный порядок атомов, причем атомы расположены, или, как говорят, «упакованы», не плотно. Под действием очень большого давления — как раз такого, какое имеется в слое Голицына,— эти силикаты приобретают другую форму кристаллов, с более плотной упаковкой атомов. Это и приводит к сильному увеличению скоростей сейсмических волн. Одновременно должна возрастать и плотность, поэтому в слое Голицына предполагают быстрый рост плотности с глубиной.

В нижней мантии скорости сейсмических волн растут с глубиной как раз так, как они должны расти за счет роста давления без всяких перестроек кристаллов. Поэтому нижнюю мантию считают однородной, и рост плотности идет только за счет упругого сжатия под давлением. В составе нижней мантии предполагают те же силикаты, что и в верхней мантии, но возможно, что они разложены здесь на окислы.

На долю нижней мантии приходится 47% объема Земли и 41% ее массы.

Ядро земного шара

Ядро занимает 16% земного шара по объему и 31,5% по массе. Его делят в основном на две части: *внешнее ядро* и *внутреннее ядро*, или *субъядро*. Между ними намечают довольно тонкую (около 300 км) промежуточную зону. (В буквенном обозначении внешнее ядро — E, промежуточная зона — F, субъядро — G.) Поперечные волны сквозь внешнее ядро не проходят, следовательно, оно жидкое. Скорость продольных волн в нем растет с глубиной. В субъядре она постоянна — 11,2 км/с. На некоторых сейсмограммах удалось заметить волны, природу которых объясняют следующим образом. От очага землетрясения шли продольные волны. Дойдя до субъядра, они породили в нем поперечные волны, которые прошли сквозь субъядро, и, дойдя до внешнего ядра, возбудили в нем опять продольные волны. Эти волны и пришли к сейсмографу. Поэтому считают, что субъядро твердое. Диаметр его около 2500 км. Его объем составляет всего лишь 0,8% всего объема Земли, а масса — менее 2%.

Средняя плотность вещества в земном ядре около 11 т/м^3. Даже при том огромном давлении, какое господствует в ядре (от 1,4 млн. атм у границы с мантией до 3,7 млн. атм в центре), такую плотность может иметь только металл. Из статьи «Земля — магнит» вы узнаете, что для объяснения того, как появилось и поддерживается магнитное поле Земли, приходится предполагать в ядре большую электропроводность. Все это вместе взятое указывает на металлические свойства ядра.

Уже давно сравнивают состав различных геосфер с составом тех образований, которые падают на Землю из космоса. Такие образования называют метеоритами. Метеориты бывают каменные и железные. Нет сомнения, что их состав близок к составу планет. Поэтому уже давно утвердилось мнение, что земное ядро состоит из железа. Однако против такого взгляда сейчас накопилось много возражений.

Так, например, указывают, что Земля и Луна образовались из одного и того же материала, так что их состав должен быть одинаков. Между тем средняя плотность Луны (3,33 т/м^3) говорит о том, что в ней нет большого количества железа. Кроме того, расчеты тепловой истории Земли показали, что, если бы ядро было железное, вся мантия была бы расплавленной или все ядро было твердым.

Поэтому появилась и другая точка зрения: предполагают, что ядро (по крайней мере внешнее) состоит из металлизованных силикатов. Известно, что одно из отличий металлов от неметаллических веществ в том, что в кристалле металла внешние электроны атомов не держатся около своих атомов, а свободно «разгуливают» по всему кристаллу. Доказано, что и у неметаллического вещества чрезвычайно большое давление может оторвать внешние электроны от атомов или молекул и заставить их тоже бегать по всему кристаллу. В этом случае вещество приобретает плотность, электропроводность и другие свойства металла. При расплавлении таких кристаллов металлические свойства сохраняются. Вот такое явление и предполагают для ядра.

Однако эта гипотеза тоже встречает возражения. Главное из них состоит в том, что подавляющее большинство веществ не металлизуется при тех давлениях, какие существуют в земном ядре: для них требуются по крайней мере в десятки раз бóльшие давления.

Состав субъядра неизвестен. Можно думать, что оно состоит из того же материала, что и внешнее ядро, но здесь давление повысило точку плавления настолько, что состав остался нерасплавленным. Есть, однако, и доводы в пользу того, что внешнее ядро силикатное, а субъядро — железное.

Нерешенные вопросы

Выше рассказано о том, что сейчас известно о внутреннем строении Земли. Конечно, этот рассказ охватил только главное, однако даже в нем упоминалось много загадок и нерешенных задач. Из них основная — постичь механизм развития Земли.

Как мы видели, строение земного шара довольно сложное. Между тем мы знаем, что он, как и другие планеты, образовался из скопления мелких и крупных кусков, очень похожих на современные метеориты, астероиды и кометы, а также из пыли и газа. Эти куски падали на зародыш Земли без всякого порядка, так что и в центре Земли, и у ее поверхности вначале была одинаковая смесь кусков разного состава. Чтобы появились атмосфера, гидросфера и земная кора, чтобы недра Земли расслоились на различные геосферы, в ней должны были происходить какие-то гигантские процессы. Они происходят и сейчас, на что указывает современная динамика жизни земной коры. Миллиарды лет она движется и перестраивается, сминается в складки и разламывается на глыбы, на ней растут и быстро разрушаются горы, изливается лава и внедряются интрузии магмы. Все это возможно только за счет того, что из глубоких недр Земли подаются огромные порции энергии и вещества. Разгадать причины всего этого, понять все сложные взаимоотношения различных процессов в земном шаре до сих пор еще не удалось. Выдвинуто много гипотез, но ни одну из них не удается согласовать со всеми известными нам фактами.

Несомненно, большую роль в жизни Земли должны играть радиоактивные элементы. Их примесь в материале Земли ничтожна — какие-нибудь миллионные доли. Но на всю массу Земли получается огромное количество. А ведь они, распадаясь, выделяют энергию. Она переходит в тепло, и за четыре с половиной миллиарда лет жизни Земли это тепло могло нагреть ее недра на несколько тысяч градусов. Но оно могло переходить и в другие виды энергии и поддерживать те процессы, о которых мы упоминали. Другой возможный источник энергии — дифференциация (разделение) недр Земли по составу. Как мы уже сказали, первоначально в Земле была смесь кусков («включений») различного состава и, следовательно, различной плотности. В тех зонах, где материал расплавлялся (хотя бы частично) или размягчался (в ядре, в астеносфере), легкие включения могли всплывать кверху, а собравшись в большие массы, они могли пробивать себе дорогу и дальше — к поверхности Земли. Вычисления показывают, что такой процесс тоже мог бы доставлять из глубины в земную кору огромные количества энергии.

Мы могли бы решить многие вопросы, если бы знали точнее состав земного ядра и распределение температуры в Земле по глубине. К сожалению, это распределение нам очень плохо известно. Можно почти наверняка сказать, что температура земного ядра не меньше 2000° и не больше 5000°.

Разгадать полностью механизм развития Земли было бы не только интересно, но и очень полезно. Тем самым мы поняли бы и законы образования руд и других полезных ископаемых и знали бы, в каких местах их искать. Мы смогли бы предсказывать землетрясения, а быть может, и предотвращать их. Поэтому будущим исследователям земных недр предстоит огромная и очень интересная работа.

Земля — магнит

Казалось бы, все довольно просто. Каждый школьник знает, что Земля — магнит, который заставляет стрелку компаса указывать нам север и юг, что по отклонениям магнитной стрелки нашли залежи железных руд в районе горы Магнитной или Курской магнитной аномалии. На самом деле земной магнетизм (он не имеет ничего общего с силами тяготения) — явление очень сложное и еще недостаточно изученное. Между тем оно очень важно не только для науки и техники, но и для жизни организмов.

Человечество начало использовать магнитное поле Земли раньше, чем узнало о его существовании. Еще до начала нашей эры на колесницах китайских вельмож устанавливались железные фигурки с вытянутой рукой, которая показывала направление на юг. Это был прообраз современного компаса. С XII—XIII вв. компас получает широкое распространение в мореходстве, появляются первые руководства, как пользоваться им. В те времена считали, что стрелку компаса ориентирует Полярная звезда, ее магнетизм. Конец стрелки компаса, указывающий на север, назвали северным магнитным полюсом, противоположный конец — южным.

Законы магнитостатики открыл и сформулировал *Ги́льберт* — естествоиспытатель и лейб-медик английской королевы. В трактате «О магните», вышедшем в 1600 г. и положившем начало науке о магнетизме, ученый впервые высказал предположение о том, что магнитная стрелка ориентируется магнитным полем Земли, которая сама является магнитом. Гильберт исследовал, какое положение занимают магнитные стрелки, размещенные вокруг магнитного шара. Такой шар — «тареллу» (что означает «маленькая Земля») он вырезал из куска природного магнетита. Сопоставив данные о положении магнитной стрелки на различных широтах земного шара с положением стрелок вокруг «тареллы», ученый обнаружил ту же закономерность. Если бы магнитные стрелки компасов ориентировались магнитным полем отдаленной звезды, их расположение должно было бы быть иным.

Магнитное поле на поверхности Земли

Чтобы охарактеризовать магнитное поле, надо знать не только его величину, но и направление. Направление определяется относительно географических координат Земли и задается двумя углами: склонением и наклонением. *Склонение* — это угол между географическим и магнитным меридианами, т. е. между истинным направлением на север и тем, которое указывает магнитная стрелка. *Наклонение* — угол между направлением магнитной стрелки, вращающейся вокруг горизонтальной оси, и горизонтальной плоскостью. Для намагниченного шара характерно именно распределение наклонения: оно связано с географическими координатами соотношением $\mathrm{tg}J = 2\mathrm{tg}\Theta$, где J — наклонение, а Θ — широта места наблюдения.

Величина магнитного поля Земли очень мала: около 0,5 эрстеда. Для сравнения напомним, что магнитное поле около полюсов магнита, употребляемых для опытов в школе, составляет несколько десятков эрстед.

В наше время магнитное поле на поверхности Земли изучено достаточно хорошо. Выяснилось, что оно непрерывно изменяется, поэтому круглый год отряды магнитологов бороздят континенты, измеряя и вновь перемеряя магнитное поле. Специальные суда, построенные из немагнитных материалов, исследуют магнитное поле на морях и океанах. Оснащенные специальными приборами, самолеты записывают магнитное поле в труднодоступных районах или просто на обширных территориях. В различных точках Земли — на экваторе и около полюсов, около столиц мира и в отдаленных районах, на дрейфующих льдинах и в обсерваториях — ведется непрерывное наблюдение за магнитным полем Земли, за его мельчайшими изменениями. Передают сведения о магнитном поле спутники, на борту которых установлены специальные приборы. Вся эта многочисленная и многообразная информация поступает в наиболее крупные обсерватории, обрабатывается там, подвергается математическому анализу. На основании всех этих данных сейчас можно говорить об особенностях геомагнитного поля.

Геомагнитное поле в общих чертах похоже на дипольное. Что это означает? *Диполем* называется магнит, полюсы которого находятся очень близко друг к другу. Диполь в общих чертах представляет собой модель геомагнитного поля Земли. Если диполь находится в центре шара, магнитное поле на его поверхности имеет такие особенности: у шара будут два полюса, расположенных в диаметрально противоположных точках. Около полюсов величина поля в два раза больше, чем на «экваторе», а наклонение описывается формулой $\mathrm{tg}J = 2\mathrm{tg}\Theta$.

Магнитное поле Земли, как и дипольное, имеет два полюса. Величина геомагнитного поля на полюсах примерно в два раза больше, чем на экваторе, закономерность изменения наклонения с широтой такая же, как и у дипольного поля.

Давно установлено, что магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими. Магнитная ось наклонена к оси вращения на 11,5°. Отсюда и возникает склонение, т. е. несовпадение магнитных меридианов с географическими. Магнитный полюс в Северном полушарии находится около берегов Северной Америки (71° с. ш., 96° з. д.), а магнитный полюс в Южном полушарии — около берегов Антарктики, на долготе Австралии (70° ю. ш., 150° в. д.). Как можно заметить, полюсы не находятся в диа-

Магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими.

метрально противоположных точках земного шара. Магнитная ось не только не совпадает с осью вращения по направлению, но и не проходит через центр Земли; кроме того, величина поля в Северном полушарии несколько больше, чем в Южном.

В некоторых областях на поверхности Земли реальное магнитное поле значительно отличается от дипольного. Такие области называются континентальными аномалиями. Их происхождение, в отличие от магнитных аномалий, связано не с намагниченными слоями внутри Земли, а с самим процессом возникновения земного магнитного поля.

Самая значительная из континентальных аномалий — так называемый Восточно-Сибирский овал на востоке Азиатского материка. Здесь наблюдается резкое отступление склонения от того, которое было бы в случае любым образом размещенного диполя. Увеличение напряженности магнитного поля наблюдается, кроме того, в районе Зондских островов.

Нарушают основное магнитное поле Земли и магнитные аномалии, которые создаются намагниченными телами, например залежами различных руд железа.

Вековые вариации магнитного поля

Продолжительность изменений магнитного поля различна. Есть колебания с периодом в десятые доли секунды, а есть такие, период которых составляет сотни лет. Быстрые колебания связаны непосредственно с деятельностью Солнца, медленные — с процессами, происходящими внутри Земли. Самые медленные из известных изменений, с периодом несколько сотен лет, назвали *вековыми вариациями*.

Установить, где расположены причины, вызывающие изменения геомагнитного поля, — вне Земли или внутри нее, довольно легко. Для этого разработаны специальные математические приемы — так называемый сферический анализ.

Учение о магнетизме возникло всего три с половиной века назад, а регулярные исследования геомагнитного поля ведутся немногим больше ста лет. Отсюда понятно, что сведения о вековых вариациях, почерпнутые из непосредственных наблюдений, не могут быть полными. Здесь на помощь приходят палео- и археомагнитные исследования. Любая горная порода содержит небольшое количество зерен магнетита или других способных намагничиваться минералов, а значит, в магнитном поле Земли она намагнитится. Если эта порода, содержащая магнитные (точнее, ферромагнитные) зерна, будет разогрета до температуры 500—700° и потом остынет в магнитном поле Земли, она приобретет очень сильную намагниченность. Исследования говорят, что такая полученная во время охлаждения в магнитном поле намагниченность сохраняется десятки миллионов лет. Ее направление и величина соответствуют магнитному полю, действовавшему на породу во время охлаждения. Изучая эту намагниченность, можно узнать, каково было вызвавшее ее магнитное поле.

Для последних 10 тыс. лет древняя намагниченность изучается по предметам из обожженной глины: вазам и кирпичам, по обожженным кострами почвам древних стоянок. Для более древних времен намагниченность устанавливается по лавам и другим горным породам. Время обжига глиняных предметов определяется археологическими методами, время образования горной породы — геологическими. Так получают картину изменения геомагнитного поля во времени.

Археомагнитные исследования восстановили картину изменений геомагнитного поля за последние

10 тыс. лет для многих районов Европы, Азии, Африки и Америки. Суммируя все, что дают археомагнитные исследования и непосредственные наблюдения, ученые пришли к выводу, что вековые вариации — это неотъемлемая особенность магнитного поля Земли, его дыхание. Изменяются и величина намагниченности Земли в целом (т. е. ее магнитного момента) и направление магнитного поля в каждой точке земной поверхности. Магнитные моменты Земли изменяются с периодом в 8 тыс. лет, а основной период изменения направления геомагнитного поля — около 500 лет.

Изменение направления магнитного поля можно объяснить вращением геомагнитной оси вокруг географической. Однако это очень грубое приближение. На самом деле вся поверхность Земли может быть подразделена на большие области, в каждой из которых вековые изменения имеют свои характерные особенности. Эти области так и называются *областями векового хода*.

Однако не только глиняные изделия древних намагничивались при обжиге. Как было сказано, сама природа записывала изменения магнитного поля в лавах, застывавших на поверхности Земли, и в глинах, обожженных этими лавами. Кроме того, входящие в состав осадочных пород отдельные зерна минералов магнетита и гематита, медленно опускаясь на дно водного бассейна, как стрелочки компаса, ориентировались магнитным полем Земли. По мере отвердения они на века записывали направления силовых линий. Определяя время излияния лав и образования осадочных пород геологическими методами, можно восстановить историю магнитного поля Земли за сотни миллионов лет. Такая работа проводится в лабораториях многих стран. Сведения о магнитном поле, полученные при палеомагнитных исследованиях, резко изменили наши представления о нем.

Во-первых, оказалось, что положение геомагнитной оси Земли сильно менялось. Много миллионов лет назад северный магнитный полюс Земли находился в экваториальной части Тихого океана, а потом, двигаясь вдоль восточного края Азии, через Камчатку, достиг современного положения. И хотя магнитная ось Земли не совпадает с осью ее вращения, есть основания считать, что она не может составлять с ней большой угол. Следовательно, палеомагнитные данные указывают путь перемещения не только магнитного, но и географического полюса. Это подтверждается и данными о распределении климатов на поверхности Земли в прежние эпохи. Ученые считают, что на самом деле не магнитный и географический полюсы перемещались по поверхности Земли, а верхние ее слои смещались относительно оси вращения. Этот вывод важен для изучения строения Земли и ее истории.

Во-вторых, оказалось, что при каждом положении геомагнитной оси магнитные полюсы время от времени меняются местами, или, как говорят геомагнитологи, происходит *инверсия* геомагнитного поля. Открытие инверсий имеет колоссальное значение как для понимания природы геомагнитного поля, так и для изучения геологической истории Земли. Изменение полярности запечатлено в горных породах всей планеты, и по этим отпечаткам сейчас можно судить об одновременности или последовательности геологических событий. Конечно, у геологов есть и другие методы для решения таких вопросов, но палеомагнитный метод, как показывает опыт, часто существенно им помогает в этом случае.

Наконец, удалось показать, что величина магнитного поля Земли всегда была примерно такой, как сейчас: она колеблется около некоторого среднего уровня, но не убывает и не увеличивается существенно. Какой-то механизм внутри Земли поддерживает ее всегда на одном уровне.

Причины возникновения магнитного поля Земли

Магнитная ось Земли почти параллельна ее оси вращения, поэтому многие исследователи предполагали, что магнитное поле возникает вследствие вращения Земли. В физике известны явления, когда при вращении возникает магнитное поле. Одно из таких явлений — эффект Барнета — Эйнштейна, при котором каждый атом рассматривается как волчок, обладающий магнитным моментом. При вращении таких атомов-волчков их оси вращения устанавливаются параллельно, при этом так же располагаются их магнитные моменты.

Но расчеты показали, что, если бы магнитное поле Земли возникло таким путем, оно было бы в 10 млрд. раз меньше.

Другая гипотеза связывала возникновение магнитного поля Земли с тем, что на ее поверхности имеется отрицательный электрический заряд. Вращаясь вместе с Землей, этот заряд образует круговой электрический ток, а там, где есть круговой ток, есть и магнитное поле, направленное по оси

круга. Но отрицательный заряд на поверхности Земли слишком мал, чтобы могло возникнуть поле нужной величины. Обе эти гипотезы не могли объяснить инверсии геомагнитного поля.

В 1947 г. советский физик *Я. И. Френкель* совсем иначе объяснил образование магнитного поля в Земле. Он предположил, что вещество земного ядра обладает электрической проводимостью и совершает вихреобразные перемещения. Если имеется какое-то небольшое начальное магнитное поле, то земное ядро будет представлять собой некое подобие генератора электрического тока: движение проводника в магнитном поле приведет к возникновению электрического тока, а электрический ток вызовет магнитное поле, которое будет складываться с первоначальным и усилит его. Оба предположения, положенные в основу этой гипотезы, вполне разумны. Часть ядра Земли, в интервале 1,5—3 тыс. км от центра Земли, ведет себя как жидкое пластичное тело, и перемещения вещества в нем возможны. Вызвать вихревые перемещения конвективного характера может сильный нагрев за счет распада радиоактивных веществ в центральной части ядра или же изменение вещества в самом жидком слое. Первоначальное поле может быть обусловлено хотя бы эффектом Барнета — Эйнштейна.

Впоследствии гипотеза Я. И. Френкеля была значительно переработана и развита другими учеными в стройную теорию происхождения магнитного поля Земли. Появилось направление в науке, занимающееся связью движущейся проводящей среды с магнитным полем,— *магнитогидродинамика*.

Удалось выяснить, что проводящая жидкость, движущаяся в магнитном поле, искажает его: магнитные силовые линии как бы захватываются и увлекаются движущейся жидкостью. Жидкая, пластичная часть ядра при вращении увлекает за собой силовые линии начального магнитного поля. В результате образуются два круговых соленоида (вспомните опыты с катушками-соленоидами на уроке физики): две баранки, состоящие из силовых линий магнитного поля, одна из которых опоясывает ядро по широте в Южном полушарии, а другая — в Северном. Вещество жидкого ядра совершает, кроме того, конвективные перемещения, о которых говорилось в гипотезе Френкеля. Взаимодействие этих конвективных движений с кольцевыми полями внутри ядра и приводит к возникновению того магнитного поля, которое мы наблюдаем на поверхности Земли.

Ось такого магнитного поля должна быть близка к оси вращения, а возбужденное таким образом магнитное поле, как показывает теория, будет пульсировать. С этими пульсациями и связаны, очевидно, вариации магнитного момента. Увеличиваясь по амплитуде, пульсации в какой-то момент приводят к изменениям знака магнитного момента — происходит инверсия геомагнитного поля.

Переменное магнитное поле Земли

Часть изменений магнитного поля Земли обусловлена внешними причинами. Эти изменения, или вариации, переменного геомагнитного поля различаются по источнику и по продолжительности действия. Выделяют регулярные вариации с определенной продолжительностью, например солнечно-суточные и лунно-суточные, период которых равен соответственно солнечным и лунным суткам; магнитные бури, продолжительность которых меняется от нескольких десятков минут до нескольких часов; правильные и неправильные короткопериодические колебания с периодами от десятых долей секунды до нескольких минут. Одни из них являются регулярными. К ним относятся солнечно- и лунно-суточные вариации и правильные короткопериодические колебания. Другие появляются внезапно, а потом долгое время могут отсутствовать — это бури и некоторые типы короткопериодических колебаний. И у регулярных и у нерегулярных вариаций есть одна общая черта — все они связаны с солнечной деятельностью.

Связь эта проявляется по-разному. Например, солнечно-суточные вариации усиливаются в том месте земного шара, где освещенность солнцем в данное время больше, т. е. днем и летом. Некоторые правильные короткопериодические вариации обнаруживают связь с расположением магнитной оси по отношению к Солнцу, а магнитные бури и другие неправильные колебания возникают тогда, когда усиливается деятельность Солнца: они связаны с появлением солнечных пятен, вспышек на поверхности Солнца и т. д.

В общем, от Солнца к Земле как бы непрерывно дует «солнечный ветер» — летит поток заряженных частиц. Подлетая к Земле, частицы вступают в сложное взаимодействие с магнитным полем Земли: ведь летящая заряженная частица — это электрический ток, а проводник с током отклоняется магнитным полем. Под напором летящих частиц силовые линии геомагнитного поля деформируются, прогибаются, как прогнулись бы под напором на-

стоящего ветра упругие стальные полоски, имеющие форму силовых линий магнитного поля. Со стороны Солнца магнитное поле оказывается сдавленным, с ночной стороны образуется шлейф из вытянутых силовых линий, при этом сами силовые линии начинают вибрировать. Эти вибрации мы и воспринимаем как правильную часть короткопериодических вариаций магнитного поля Земли.

Большое количество частиц, причем наиболее быстрых, или, как обычно говорят, наиболее жестких, улавливается силовыми линиями, т. е. начинает двигаться вдоль них от одного магнитного полюса к другому. Над Землей образуются слои, где собирается большое количество прилетевших от Солнца частиц. Эти слои (радиационные пояса магнитосферы), как железные щиты, загораживают Землю от новых потоков солнечных частиц, экранируют ее от солнечного излучения. Однако некоторая доля частиц проходит сквозь магнитосферу в ионосферу, т. е. в тот слой атмосферы, где много ионизированных, а значит, заряженных частиц.

Участвуя в перемещениях атмосферных масс, т. е. перемещаясь в магнитном поле Земли, заряженные частицы образуют электрические токи определенного направления. Связанные с этими токами магнитные поля и создают солнечно-суточные вариации.

Когда излучение Солнца усиливается, поток поступающих от него частиц становится более концентрированным и в нем увеличивается доля жестких частиц, тогда большее количество этих частиц начинает проходить в атмосферу. Они прорываются нерегулярно, отдельными группами и вызывают резкие кратковременные изменения магнитного поля земного шара — магнитные возмущения, магнитные бури.

Магнитное поле Земли служит человеку

Изучение геомагнитного поля и его изменений имеет не только научное значение — геомагнитное поле необходимо человеку. Прежде всего, радиационные пояса магнитосферы защищают Землю от гибельного для всего живого излучения Солнца. Если бы магнитное поле не отклоняло поток заряженных частиц, заставляя их двигаться по силовым линиям от полюса к полюсу, то частицы эти достигали бы беспрепятственно поверхности Земли.

Магнитное поле помогает ориентироваться самолетам, кораблям, подводным лодкам. Компас часто служит единственным указателем пути изыскательским партиям и туристам.

Резкие отклонения магнитного поля — *аномалии* — указывают на месторождения полезных ископаемых. Изучением и разведкой таких магнитных аномалий занимается специальная наука — магниторазведка.

Некоторые изменения магнитного поля — возмущения магнитного поля — предупреждают приближение магнитной бури. Во время магнитных бурь, резких и беспорядочных возмущений, в течение нескольких часов происходят сильные изменения в ионосфере. Ионосфера перестает отражать радиоволны, и радиосвязь прерывается. О приближении магнитных бурь очень важно знать самолетам и кораблям, так как они сразу теряют и возможность ориентироваться по компасу, и локационную связь. Но магнитное поле само предупреждает о надвигающейся магнитной буре.

Горные породы и минералы

В статье «Внутреннее строение Земли» говорилось о веществе, из которого сложена наша планета, о различии в составе ее оболочек, ядра и земной коры. Теперь познакомимся с составом вещества Земли поближе.

Это очень важно хотя бы потому, что полезные ископаемые, без которых невозможно существование современной промышленности, транспорта и сельского хозяйства, скрыты в недрах Земли. За небольшим исключением они встречаются в природе в форме различных соединений — минералов и горных пород. Ревниво хранит Земля свои секреты и неохотно раскрывает перед людьми двери своих кладовых.

Лишь каждодневный упорный труд, помноженный на глубокое знание законов геологического развития Земли и образования различных горных пород и минералов, приводит геологов к желанной цели — открытию крупных месторождений полезных ископаемых.

Минералы отличаются друг от друга по ряду внешних и внутренних признаков: окраске, форме, твердости, химическому составу. На фото мы видим темно-зеленый натечный малахит, шестигранный кристалл берилла, красную киноварь, желтую мелкокристаллическую серу, обладающий металлическим блеском пирит (медный колчедан) и бурый галенит. Ожерелье из голубой бирюзы. Различаются минералы и по кристаллической структуре. Вверху — равномерная решетка алмаза, а внизу — графита, у которого кристаллики собираются «слоями».

Кварц, как и кальцит, относится к числу наиболее широкораспространенных минералов.

Понятия «горная порода» и «минерал» относятся к основным в геологии. Вся толща земной коры состоит из разнообразных по свойствам, составу и происхождению горных пород. В свою очередь горная порода построена из минералов. Состав и свойства горной породы определяются составом и свойствами минералов, из которых она состоит, их размерами, формой, взаимным расположением и силой сцепления между ними.

В жаркий летний день, лежа на берегу реки, мы пересыпаем из руки в руку нагретый песок. Это горная порода. Податлива, послушна в руках скульптора другая, уже вязкая горная порода — глина, которой легко можно придать любую форму. И как непохож на них базальт — камень вечности, как его называли в древности за исключительную прочность. На нем высекали «на вечные времена» записи о важнейших событиях.

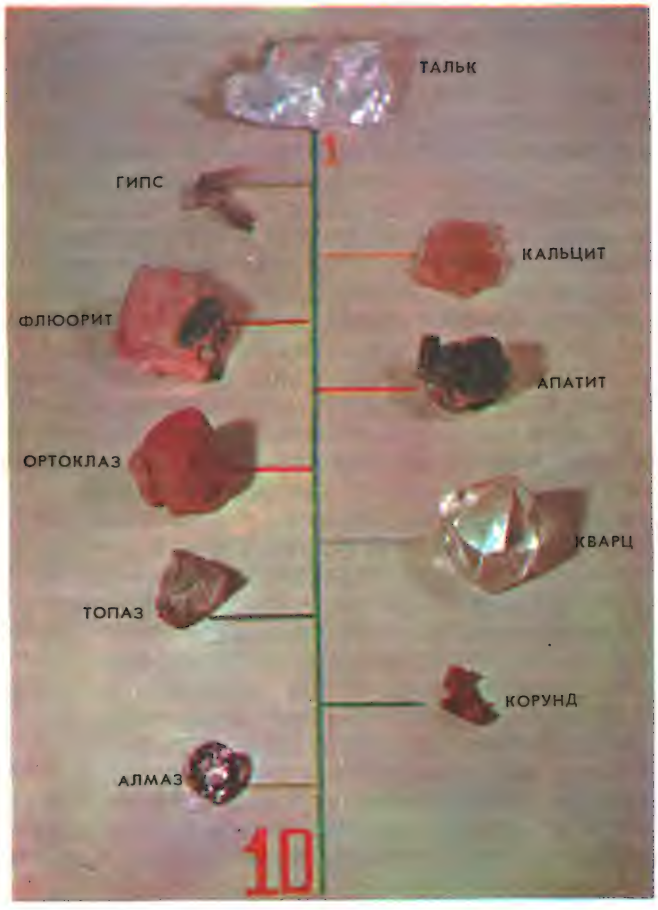
Рисуя, мы оставляем на бумаге черный след мягкого минерала графита, из которого сделан карандашный грифель. Мельчайшие чешуйки графита, оставленные на бумаге, состоят из чистого углерода. А вот прозрачный с красивыми гранями кристаллик алмаза — твердейшего из твердых на Земле — также состоит из чистого углерода. Но как непохож он на своего мягкого, аналогичного по составу черного собрата!

Почему так различны минералы и горные породы? Чем объяснить, что из углерода в одних случаях образуется мягкий черный графит, а в других — прозрачный твердый алмаз? Зная условия, в которых образуются те или иные горные породы и

Разновидности кальцита. Кальцит (известковый шпат) — один из наиболее часто встречающихся в земной коре минералов. Иногда целые горы состоят из чистого кальцита.

минералы, можно ответить на эти вопросы. Каждая горная порода, каждый минерал хранит в себе свидетельства тех условий, в которых они образовались. Химический состав, температура, давление — вот что подразумевают, когда говорят об условиях образования горных пород и минералов.

Изучают минералы и горные породы две самостоятельные, но очень близкие геологические науки: минералогия и петрография.



Шкала твердости минералов: 1—10.

Минералы

Минералы — понятие очень широкое. *Минералами* называют однородные по составу и строению части горных пород и руд. Они представляют собой природные химические соединения, возникшие в результате различных геологических процессов. Минералов в природе великое множество. Для изучения и поиска их объединяют в однородные группы по химическому составу и физическим свойствам.

Большинство минералов встречается в земной коре в твердом состоянии. Однако есть жидкие (самородная ртуть) и даже газообразные минералы (углекислый газ, сероводород). Поразительно разнообразны внешние признаки, по которым минералы отличаются друг от друга. Одни из них прозрачны, другие мутны, полупрозрачны или совершенно не пропускают свет.

Важной особенностью многих минералов является их окраска. Так, киноварь всегда карминно-красная, а малахит ярко-зеленый, по металлически-золотистому цвету легко узнаются кубические кристаллики пирита. Очень важный внешний признак минералов — их форма. Чаще она кристаллическая, но для одних это форма куба (пирит), для других — шестигранной призмы (берилл), для третьих — многогранника (гранат) и т. д. Многие минералы образуют натечные массы причудливой формы, ничего общего не имеющие с кристаллами. Таковы, например, почковидные выделения малахита и сталактитоподобные наросты лимонита.

Одни минералы тверды настолько, что легко оставляют царапины на стекле (кварц, полевые шпаты, гранат). Другие сами царапаются обломками стекла или острием ножа (кальцит). Третьи мягки, и на них можно прочертить след ногтем (графит).

В минералогии применяется наиболее простой способ определения твердости — царапанием одного минерала другим. Для оценки твердости используется так называемая шкала Мооса, представленная десятью минералами. Их порядковый номер и соответствует условной единице твердости. Вот они: 1. Тальк. 2. Гипс. 3. Кальцит. 4. Флюорит. 5. Апатит. 6. Ортоклаз. 7. Кварц. 8. Топаз. 9. Корунд. 10. Алмаз. Каждый последующий в шкале Мооса минерал царапает своим острым концом все предыдущие.

Чтобы определить твердость неизвестного минерала, устанавливают, какой из эталонов минералов он царапает последним. Например, неизвестный минерал царапает апатит, а сам царапается ортоклазом, то его твердость заключена между 5 и 6.

По-разному ведут себя минералы и при раскалывании. Одни из них легко расщепляются по определенным плоскостям, образуя обломки правильной формы, похожие на кристаллы (галенит, кальцит); другие дают в изломе кривые «раковистые» поверхности (кварц). Свойство минералов раскалываться по определенным направлениям называется *спайностью*. Различают спайность *весьма совершенную*, при которой кристалл способен расщепляться на тонкие листочки (слю́ды); *совершенную*, когда при ударе образуются обломки, внешне напоминающие настоящие кристаллы (кальцит, галенит); *среднюю* — на обломках минералов наблюдаются геометрически правильные плоскости и неровные изломы (роговые обманки); *несовершенную* — изломы, как правило, представлены неровными поверхностями (оливин, апатит); *весьма несовершенную*, когда спайность практически отсутствует и обломки имеют «раковистый» (как у стекол) излом.

Отличаются минералы и по цвету черты, т. е. цвету тонкого порошка, который оставляет минерал на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластинки. Иногда цвет черты совпадает с цветом самого минерала, как, например, у киновари. Но в ряде случаев цвет минерала и цвет его черты резко различны. Так, минерал гематит серо-стального цвета, а черта его красная, пирит латунно-желтый, а оставляет черную черту.

Удельный вес, магнитность, радиоактивность и ряд других свойств также являются важными признаками, по которым геологи определяют, или диагностируют, минералы.

Свойства минералов зависят от их химического состава, кристаллической структуры, т. е. той пространственной фигуры, которую образуют слагающие минерал атомы и ионы, и от характера и сил сцепления между ними.

По химическому составу и структуре все минералы подразделяются на большие группы, или *разделы*.

Здесь мы упомянем лишь некоторые минералы, наиболее часто встречающиеся в земной коре и входящие в состав широкораспространенных горных пород.

Кальцит (или известковый шпат) принадлежит к числу наиболее распространенных минералов. В природе встречаются целые горы, сложенные известняками или мраморами, которые состоят из одного почти чистого кальцита.

По химическому составу кальцит представляет собой углекальциевую соль — $CaCO_3$. Бесцветные прозрачные разновидности его называются исландским шпатом. Очень красивы так называемые друзы кальцита, представляющие собой скопление хорошо образованных кристаллов, возникших в пустотах горных пород.

Большей частью кальцит бесцветен или обладает молочно-белым цветом. Но встречается и окрашенный в различные оттенки серого, желтого, красного, бурого и черного цвета. Твердость кальцита 3 (легко царапается острием ножа или иглы), спайность совершенная (легко раскалывается на обломки правильной формы). Важный диагностический признак кальцита — его реакция на соляную кислоту: от одной ее капли, попавшей на минерал, начинается бурное «вскипание» — выделение углекислого газа.

Огромные массы кальцита образуются в морских бассейнах в виде известковых илов, отмерших морских растений и беспозвоночных животных с известковым скелетом. Позднее эти вещества превращаются в горную породу — известняк или мрамор.

Кварц, так же как и кальцит, относится к числу наиболее широкораспространенных минералов. Состав его прост — это окись кремния SiO_2. Встречаются кристаллы кварца очень крупных размеров, весом до 40 т. Формы кристаллов весьма разнообразны, но для них характерны грани призмы, на которых заметна горизонтальная штриховка.

Чаще всего цвет кварца молочно-белый или серый. Бесцветные водяно-прозрачные кристаллы кварца называются горным хрусталем, фиолетовые разновидности — аметистом, дымчатые — раухтопазом, а черные — морионом.

Твердость кварца 7, спайность весьма несовершенная (при раскалывании обломки отличаются «раковистым» изломом).

Кварц чаще всего входит в состав кислых магматических горных пород — гранитов, липаритов, гранитных пегматитов и т. д.

Полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты натрия, калия и кальция. Из всех известных в природе силикатов (солей кремниевой кислоты) на долю полевых шпатов приходится около 50% по весу. По химическому составу различаются известково-натриевые и кали-натриевые полевые шпаты.

Более распространены известково-натриевые полевые шпаты, или плагиоклазы, состоящие из двух существенно различных молекул — $NaAlSi_3O_8$ и $CaAl_2Si_2O_8$. Количественное соотношение между этими молекулами в минерале может быть различно. Чистонатриевый полевой шпат ($NaAlSi_3O_8$) называется альбитом, чистокальциевый ($CaAl_2Si_2O_8$) — анортитом. Плагиоклазы представляют собой все разновидности непрерывно меняющегося состава, от альбита до анортита (их различают по номерам, соответствующим проценту содержания анортита).

Хорошо образованные кристаллы плагиоклазов довольно редки, облик их таблитчатый или таблитчато-призматический. Цвет плагиоклазов белый или серовато-белый, иногда с зеленоватым, синеватым, реже красноватым оттенком. Блеск стеклянный, твердость 6—6,5. Спайность совершенная по двум направлениям.

Плагиоклазы главным образом входят в состав магматических горных пород.

Кали-натриевые полевые шпаты встречаются в земной коре реже, чем плагиоклазы. Состав их выражается формулой $KAlSi_3O_8$ (чистокалиевый полевой шпат). Обычно к калиевой составляющей минерала примешано некоторое количество альбитовой молекулы ($NaAlSi_3O_8$). По структуре среди кали-натриевых полевых шпатов различают ортоклаз и микроклин. Облик кристаллов кали-натриевых полевых шпатов чаще всего призматический, цвет светло-розовый, буровато-желтый, красновато-белый, иногда мясо-красный. Блеск стеклянный. Твердость 6—6,5. Спайность совершенная по двум направлениям.

Кали-натриевые полевые шпаты входят в состав магматических горных пород кислого состава.

Слюды. В эту группу объединены минералы достаточно сложного и изменчивого состава. Здесь мы остановимся лишь на магнезиально-железистой темной слюде — биотите и алюминиевой светлой — мусковите. В состав слюд входят легколетучие соединения.

Химическая формула биотита достаточно сложна $K(Mg,Fe)_3\,[Si_3AlO_{10}][OH,F_2]$; он состоит из калия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. В качестве легколетучих веществ в биотите присутствуют вода (точнее, группа гидроксила — OH) и фтор. Цвет биотита черный, бурый, иногда с оранжевым, красноватым или зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 2—3, спайность весьма совершенная (кристалл биотита легко расщепить на отдельные тончайшие листочки), облик кристаллов таблитчатый, нередко столбчатый или пирамидальный. Большей частью встречается в сплошных пластинчато- или чешуйчато-зернистых массах. Биотит встречается во многих магматических и метаморфических горных породах.

Светлая слюда — мусковит — получила свое название по старинному итальянскому наименованию города Москвы — Муска. В древние времена из Москвы в Западную Европу вывозились большие листы мусковита под названием «московское стекло», которое вставляли в оконные рамы домов.

Мусковит — $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ — состоит из калия, алюминия, кремния и кислорода. Из легколетучих соединений присутствует вода (группа гидроксила). Облик кристаллов обычно таблитчатый или пластинчатый. Боковые грани сильно исштрихованы в горизонтальных направлениях. Как и биотит, мусковит чаще всего встречается в сплошных листовато-зернистых или чешуйчатых массах.

В тонких спайных листочках мусковит бесцветен. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый и серебристый. Твердость 2—3. Листочки мусковита, как у всех слюд, гибки и при сгибании упруги. Спайность совершенная (легко расщепляется на тонкие прозрачные листочки).

Мусковит встречается в земной коре чаще других слюд. Он входит в состав многих магматических и метаморфических горных пород.

Из большой группы минералов, объединенных под общим названием *амфиболы*, упомянем лишь

Полевые шпаты — одна из наиболее распространенных групп минералов. Они составляют примерно 50% по весу от всех силикатов, входящих в состав земной коры, и являются главной составной частью большинства изверженны горных пород, многих метаморфических и некоторых осадочных.

наиболее часто встречающуюся роговую обманку. Состоит она из кальция, натрия, магния, железа, алюминия, кремния и кислорода. Обязательной составной частью роговой обманки является вода. Химический состав ее не постоянен, и количественные соотношения между магнием и железом, железом, алюминием и калием меняются в широких пределах. Облик кристаллов призматический или столбчатый. Обыкновенные роговые обманки окрашены в зеленый или бурый цвет разных оттенков. Блеск стеклянный, твердость 5,5—6. Спайность совершенная только по одному направлению и несовершенная по другим.

Роговая обманка — минерал, типичный для ряда магматических и многих метаморфических горных пород.

Большая группа минералов, представляющих собой магнезиально-железистые, известково-магнезиальные и известково-железистые силикаты, объединена под общим названием *пироксены*. По кристаллографическим признакам различают ромбические и моноклинные пироксены.

К ромбическим пироксенам относится энстатит — $Mg_2[Si_2O_6]$.

Разновидности его, в которых присутствуют заметные количества окислов железа, называются бронзитом.

Чаще всего встречается в виде зерен неправильной удлиненной формы. Энстатит бесцветен или серовато-белый с зеленоватым оттенком, реже буровато-зеленый. Блеск его стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом. Твердость 5,5, спайность средняя.

Энстатит — типичный минерал изверженных горных пород, образовавшихся из магматических расплавов, обогащенных магнием (магмы основного состава). Совместно с оливином, о котором мы скажем дальше, энстатит входит в состав таких магматических горных пород, как габбро и базальты.

Примером моноклинных пироксенов служит авгит — известково-магнезиально-железистый алюмосиликат.

Химический состав его гораздо сложнее, чем у других пироксенов. Облик кристаллов его коротко-столбчатый. Для разрезов характерны очертания восьмиугольника с более или менее развитыми сторонами. Чаще всего встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет черный, зеленовато- и буровато-черный, реже темно-зеленый или бурый. Блеск стеклянный. Твердость 5—6. Спайность средняя.

Авгит чаще всего встречается в магматических горных породах основного и среднего состава — базальтах, габбро, андезитах, диоритах.

Наконец, весьма распространен оливин — магнезиально-железистый силикат $(Mg_1Fe)_2SiO_4$. Иногда его называют еще хризолитом.

Обычно оливин встречается в виде зернистых агрегатов. Цвет его желтый с зеленоватым оттенком, но часты бесцветные разновидности. Блеск стеклянный, жирный. Твердость 6,5—7. Спайность несовершенная (при раскалывании дает неровный излом). Оливин — минерал магматического происхождения. Он характерен для изверженных горных пород, образовавшихся из бедного кремнием и богатого магнием и железом магматического расплава основного состава, — дунитов, габбро и базальтов.

В магматических горных породах часто встречаются минералы: оливин (на переднем плане), плагиоклаз (слева), роговая обманка (в центре), полевой шпат и кварц, из которых состоит горная порода, гранитный пегматит (справа).

В кварцсодержащих изверженных горных породах, возникших из богатого кремнекислотой кислого магматического расплава (граниты, липариты), оливин, как правило, не встречается.

Горные породы

В отличие от минералов, горные породы чаще всего не однородны. Это как бы агрегаты, состоящие из различных минералов. Но при всем многообразии эти агрегаты, как и слагающие их минералы, закономерно повторяются в земной коре. При этом не только состав входящих в них минералов, но и структура и другие свойства зависят прежде всего от того, где, на какой глубине и в каких условиях они образовались.

По условиям образования все горные породы делятся на три большие группы: магматические, осадочные и метаморфические.

Магматические горные породы. Глубоко в недрах Земли господствуют высокие температуры. На глубине около 100 км температура уже столь высока, что большинство горных пород должно было бы расплавиться, если бы этому не препятствовало огромное давление, достигающее нескольких десятков тысяч атмосфер. Но вот местами в земной коре возникают гигантские трещины — глубинные разломы. Там, где прошла зона разлома, давление резко падает, и тогда создаются условия для плавления глубинных горных пород; образуется огненно-жидкий силикатный расплав — магма.

Как шипучий напиток насыщен газом, так и магма насыщена парами воды, углекислым и сернистым газами, хлором и другими летучими веществами. Под давлением растворенных в ней газов магма устремляется к поверхности Земли. В тех случаях, когда она достигает поверхности, мы являемся свидетелями грозного и величественного явления природы — извержения вулкана. Через громадную конусообразную воронку — жерло вулкана — вырываются клубы газа, паров и пепла. Это та вспененная часть магмы, которая движется впереди колонны поднимающегося расплава. Вместе с газовыми тучами и пеплом из жерла, подобно артиллерийским снарядам, вылетают раскаленные светящиеся вязкие обломки — вулканические бомбы. Вслед за ними по склонам вулкана растекается огненная река — это вышедшая на поверхность и потерявшая при этом значительную часть газов и паров воды магма, которую обычно называют лавой. Застывая и частично кристаллизуясь на поверхности Земли, лава, в зависимости от ее химического состава, превращается в горную породу — базальт, андезит, дацит или липарит. Это так называемые излившиеся, или *эффузивные*, горные породы, отличительной особенностью которых является присутствие в их составе вулканического стекла — не успевшей закристаллизоваться части магматического расплава.

Вулканическое стекло скрепляет, цементирует минералы, выделившиеся из расплава еще в тот период, когда он поднимался к поверхности или в

процессе своего подъема на некоторое время останавливался в глубоких горизонтах земной коры. Такие минералы называют *вкрапленниками.*

Однако не всегда магматическому расплаву удается достичь поверхности Земли — тогда кристаллизация его происходит на некоторой глубине, часто достигающей 5 и более километров. Остывание происходит здесь медленно, газы и пары воды под большим давлением вышележащих пород надолго сохраняются в кристаллизующейся магме и в значительном количестве входят в состав выделяющихся из расплава минералов. Из застывшей в глубинных условиях магмы образуются такие горные породы, как габбро, диорит и гранит. Их отличает полнокристаллическое строение, стекла в этих породах нет, а минералы, из которых они состоят, часто достигают крупных размеров. Горные породы, образовавшиеся в результате кристаллизации магматического расплава на глубине, называются *интрузивными.*

Магма состоит из химических соединений, в которые главным образом входят кислород, кремний, алюминий, железо, магний, кальций, натрий и калий. В меньшем количестве в расплаве содержится титан и марганец. Кроме того, в магме растворено некоторое количество воды, углекислоты, сернистого газа, хлора и других легколетучих веществ.

Перемещаясь в верхние горизонты земной коры, магма теряет тепло, постепенно остывая. При этом первыми начинают выделяться из расплава наиболее тугоплавкие минералы: магнезиально-железистые силикаты — оливины и пироксены, а также полевые шпаты, обогащенные кальцием. Плотность этих минералов, их удельный вес выше плотности расплава, и поэтому они медленно опускаются в нижние части магматического бассейна — того пространства, которое занято кристаллизующейся магмой. Вместе с ними на дно опускаются и рудные минералы, в состав которых входят тяжелые металлы — платина, хром, никель, кобальт и др.

В верхней части магматического бассейна накапливаются минералы, температура кристаллизации которых заметно ниже, а удельный вес меньше. Это кварц и полевые шпаты, обогащенные калием и натрием. Здесь же, в верхней части расплава, собираются и легколетучие, самые низкоплавкие вещества — газы и пары воды. Поэтому здесь выделяются и те минералы, в состав которых входит вода и газы — слю́ды (биотит и мусковит) и амфиболы. Так в процессе остывания и кристаллизации сначала однородной магмы происходит ее разделение на части, отличающиеся по химическому и минеральному составу.

Пока мы не располагаем достаточными данными о природе и составе родоначальной магмы, из которой могло бы возникнуть все многообразие существующих в природе магматических горных пород. В настоящее время ученые предполагают, что в недрах Земли периодически возникают различные по составу магматические расплавы. Они образуются на глубинах в 100 и более километров за счет частичного или полного плавления залегающих там горных пород. Основные магмы обогащены магнием, железом и титаном. В составе кислых магм значительно больше кремнезема, алюминия и щелочных металлов и меньше магния и железа.

Образовавшиеся из магматических расплавов горные породы по составу делятся на несколько больших групп. В основу их разделения положено содержание в горной породе кремнезема — окиси кремния. Различают *основные* горные породы — бедные кремнеземом и богатые магнием и железом; *средние* — более богатые кремнеземом, алюминием и кальцием, но несколько обедненные магнием и железом и, наконец, *кислые* — наиболее богатые кремнеземом, калием и натрием и обедненные магнием, железом и кальцием.

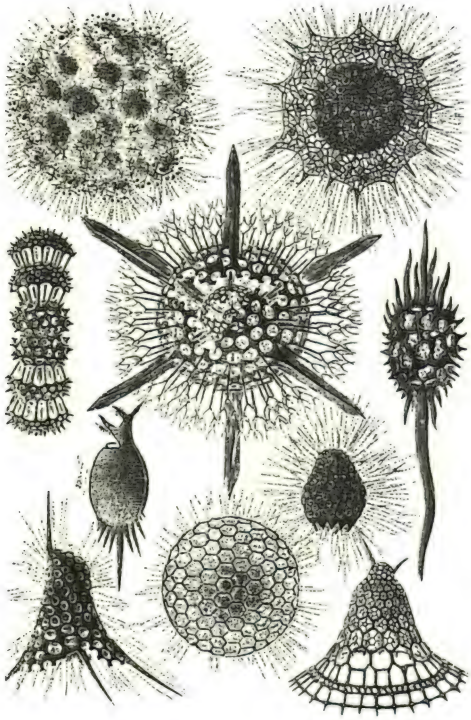
При кристаллизации основной магмы из тугоплавких и тяжелых минералов — оливина, пироксена и кальциевого полевого шпата — образуются такие интрузивные горные породы, как дунит, перидотит и габбро. Они содержат скопления самородной платины, хромитовой руды, никеля и кобальта.

Более легкоплавкие минералы — кварц, щелочные шпаты и слюды — при кристаллизации кислой магмы входят в состав другой интрузивной горной породы — гранита.

Если же магматический расплав, из которого образуется габбро, появляется на поверхности Земли, то получается базальт, состоящий из оливина, пироксена, кальциевого полевого шпата и вулканического стекла.

Лава кислого (гранитного) состава, застывая на поверхности Земли, образует липарит, состоящий из щелочных полевых шпатов, кварца, биотита и опять-таки вулканического стекла. Из самой легкоплавкой, наиболее насыщенной газами и парами воды верхней части кислого магматического расплава в глубинных условиях образуются гранитные пегматиты. Эти породы в основном состоят из тех же минералов, что и граниты (кварца, полевых шпатов и слюд), но более крупных, иногда гигантских размеров. В дополнение к главным минералам в пегматитах содержатся топаз, турмалин, берилл, литиевые слюды, минералы редких земель, олово и вольфрам. Образование их происходит при обяза-

Известняки в основном состоят из радиолярий и раковин моллюсков. На снимке: радиолярии — простейшие организмы с кремневым скелетом.



Мрамор — метаморфизированный известняк — добывается с помощью механических пил, распиливающих монолит на блоки.

тельном участии газов и паров воды, которые выносят из магматического расплава часть растворенных в нем рудных элементов и обогащают ими минералы пегматитов. Вот почему пегматиты нередко являются источником ценнейших месторождений полезных ископаемых.

На некотором удалении от остывающей магмы газы и пары воды конденсируются, превращаясь в горячие водные растворы — *гидротермы*. Попадая в трещины и пустоты, возникшие в горных породах при внедрении магматического расплава, гидротермальные растворы охлаждаются и из них выпадают иногда хорошо ограненные кристаллы кварца, флюорита, пирита, галенита, сфалерита и других минералов. Так образуются гидротермальные месторождения, из которых добывается главная масса таких редких и важных для промышленности металлов, как вольфрам, молибден, свинец, олово, висмут, сурьма, мышьяк, золото, серебро и многие другие.

Изучая магматические горные породы, состав и свойства их минералов, геологи получают возможность предсказывать, в каких местах следует искать те или другие полезные ископаемые, связанные своим происхождением с магматическими расплавами. Изучение магматических горных пород — этих посланцев глубин — позволяет геологам как бы заглянуть в недра Земли на десятки километров и узнать, как идут там физико-химические процессы, приводящие к образованию глубинных магматических горных пород и минералов.

Осадочные горные породы. Уже само название этих горных пород — осадочные — указывает на способ их образования: они осаждаются на дне океанов и морей, рек и других водоемов.

Под влиянием ветра, текучих вод, суточных и годовых колебаний температуры разрушаются скалы. Образовавшиеся обломки горных пород разных размеров уносятся ручейками и реками. Самые крупные обломки собираются на дне рек неподалеку от разрушающихся горных хребтов. Обломки меньших размеров и песок уносятся реками на далекие расстояния и отлагаются в прибрежной части морей и океанов. В глубоководной зоне океанов и морей, отстоящей на сотни километров от области сноса обломочного материала, на дно опускаются мельчайшие глинистые частицы. Так в процессе переноса осуществляется сортировка обломков по крупности. Наиболее крупные осаждаются вблизи разрушающихся гор, наиболее мелкие (глинистые частицы) — в глубоководной части морей и океанов. Осевшие на дно обломки пород и минералов под на-

Метаморфические горные породы: слева — бюст из мрамора, под ним — гнейс; справа от бюста — разновидности яшмы, дальше — кварцит; на заднем плане — змеевик; вверху — барельеф из яшмы.

грузкой вышележащих осадков уплотняются, цементируются, превращаясь в такие горные породы, как конгломерат, песчаник, глинистый сланец.

Все это так называемые осадочные горные породы *обломочного* происхождения. Они залегают в виде слоев, которые можно увидеть на крутых склонах оврагов, берегах рек и морей.

В морях, океанах и некоторых озерах растворено большое количество солей кальция, магния, калия, натрия и других элементов. При изменении температуры и испарении концентрация солей увеличивается и из воды начинают выделяться кристаллические осадки, накапливающиеся на дне водоемов. В дальнейшем они уплотняются, цементируются и перекристаллизовываются, причем частично изменяется и их состав. В результате этих процессов образуются горные породы — мергели, гипс, поваренная соль, сульфатные и хлорные соли магния, кальция и калия. Это тоже осадочные породы, но не обломочного, а *химического* происхождения. Многие из этих пород используются в народном хозяйстве в качестве полезных ископаемых.

Озера, моря и океаны населены животными и растительными организмами: рыбами, рачками, улитками, кораллами и различными водорослями. В теплых морях одни животные и растения, в холодных — другие. Скелеты морских организмов, их панцири и раковины бывают известковистыми, кремнистыми или фосфатными. Погибая, морские животные опускаются на дно. Мягкие части их разлагаются, а скелеты или панцири, накапливаясь и уплотняясь, образуют мощные толщи известняков, кремнистых пород и фосфоритов. За счет растительных и отчасти животных остатков при их захоронении на дне древних озер и болот образовались горючие полезные ископаемые — угли, горючие сланцы, нефть, твердые битумы и т. д. Все эти породы, возникшие в результате жизнедеятельности организмов, называются осадочными породами *биогенного* происхождения (по-гречески «биос» — жизнь).

Итак, осадочные породы по способу происхождения делятся на три большие группы: 1) обломочные, 2) химические и 3) биогенные.

Изучая осадочные породы и заключенные в них скелеты и раковины некогда живых животных, геологи устанавливают, в какое время в том или ином участке Земли было море, как с течением времени менялись его берега и когда на его месте образовалась суша. По характеру остатков организмов можно установить, теплым или холодным было это море, каков был состав его воды и каким был древний климат в этой части земного шара.

Осадочные горные породы, образовавшиеся в водоемах, отличаются от тех, которые возникли в пустыне или в жарком тропическом лесу. Поэтому всестороннее изучение осадочных пород, позволяя нам узнать об условиях, в которых они образовались, помогает восстановить историю развития Земли.

Метаморфические горные породы. Каким бы путем ни образовались горные породы и как бы устойчивы и прочны они ни были, попадая в иные условия, они начинают изменяться. В результате тектонических движений большие массы пород, возникших на поверхности Земли, могут быть перемещены

в ее глубины. Там под влиянием более высоких температур и давлений, при участии минеральных растворов, которые всегда существуют в недрах Земли, начинает изменяться химический и минеральный состав горных пород. Изменения эти происходят очень медленно, растягиваясь иногда на десятки и сотни миллионов лет.

Под нагрузкой вышележащих пластов и при повышенной температуре биогенный известняк, состоявший из ракушек и скелетов древних организмов, перекристаллизовывается и превращается в мрамор. Таким же образом из песчаников образуются кварциты. Возникшие в поверхностных условиях богатые водой минералы переходят в безводные или бедные водой. Так, например, опал переходит в кварц, лимонит — в гематит и т. д. Из глин образуются глинистые и аспидные сланцы — плотные породы, способные раскалываться на тоненькие пластинки. Граниты превращаются в слоистые гнейсы.

Горные породы, образующиеся в результате изменения состава или свойств первоначальных горных пород, называются метаморфическими, а сам процесс изменения первоначальных пород называется *метаморфизмом* (по-гречески «метаморфо» — преобразовываюсь, превращаюсь).

Как вы помните, горная порода, как правило, состоит не из одного, а из нескольких минералов — сообщества минералов. Так вот, каждое сообщество минералов возникает только при определенных температурах и давлениях. Изменились давление и температура, изменился состав циркулирующих в недрах Земли растворов, и вместо прежнего сообщества минералов возникает новое, по старым минералам развиваются новые. Часто эти новые минералы совсем замещают старые, оставляя от них только очертания, контуры, по которым мы и узнаем о том, каковы были эти «старички».

Поднимающаяся из глубин раскаленная, насыщенная газами и парами воды магма изменяет, метаморфирует встретившиеся на пути горные породы. Под воздействием высокой температуры глинистые сланцы, соприкасавшиеся с магмой, превращаются в плотные, мелкокристаллические роговики. Газовые струи и минерализованные горячие растворы вступают в химические реакции с холодными породами, которые слагают стенки магматических камер. В результате этих реакций возникают новые породы — скарны, грейзены и т. д., часто заключающие в себе месторождения полезных ископаемых.

Изучая сообщества «старых» и «новых» минералов, слагающих метаморфические горные породы, исследуя их свойства, геологи получают возможность судить о том, как изменялись условия, в которые попадала эта горная порода. А в этом и заключается геологическая история горной породы. Таким образом, изучение метаморфических горных пород помогает нам восстанавливать историю Земли.

Как изучают горные породы и минералы

Когда говорят о геологе, то обычно представляют себе человека с рюкзаком за спиной и молотком в руках, которому приходится много ходить по тайге, лазать по склонам в горах в поисках скрытых месторождений полезных ископаемых. Все это действительно так: экспедиционная работа — непременная и значительная часть труда геолога. Но только часть. Какова же другая часть? Что делает геолог в экспедиции и как обрабатывает собранные материалы в лабораториях, после того как экспедиционный период кончается?

Результаты работы геологов отражаются на геологических картах. С составления геологической карты, по сути, и начинается труд геолога, и на всех последующих этапах работы геологические карты детализируются, дополняются и уточняются. На топографическую карту (см. ст. «Изображение Земли на плане, карте и глобусе») наносят выходы горных пород.

Составляется геологическая карта методом маршрутной съемки. Геолог, обычно вместе с помощником, идет по долинам рек, где особенно много естественных обнажений горных пород, и по водоразделам, записывая, какие горные породы ему встретились, наносит на топографическую карту место их выхода, при этом он обращает внимание на взаимное расположение увиденных пород, на условия их залегания, характер границ и т. д. И так каждый день в течение всего экспедиционного периода. Затем данные многочисленных маршрутов суммируются, уточняются и на основе их составляются первые варианты геологической карты. С каждым новым маршрутом геологическая карта становится точнее и детальнее.

Однако далеко не все вопросы, возникающие при составлении геологических карт, можно решить в экспедиции. Собрав коллекцию образцов горных пород и специальных проб, геологи приступают к камеральной обработке.

В процессе ее минералоги и петрографы проводят детальное изучение состава горных пород и свойств

слагающих их минералов. Для этого из горных пород приготовляют тонкие, до 0,02—0,03 мм, срезы — прозрачные шлифы. В шлифах большинство минералов становятся совершенно прозрачными. Изучив под микроскопом их оптические свойства, петрографы смогут уверенно сказать, из каких минералов состоит та или другая горная порода, каковы их формы и взаимное расположение, а это даст возможность судить о том, в каких условиях образовались эти породы. Часть минералов будет выделена из горной породы путем ее дробления, отмыва в воде и специальных жидкостях и последующего разделения на электромагните.

Химики определяют химический состав пород и выделенных из них минералов. В лабораториях минералы просветят рентгеновскими лучами и установят их структуру. Спектральный анализ поможет обнаружить даже самые ничтожные примеси редких и рассеянных элементов, которые содержатся в минералах.

Из непрозрачных рудных минералов будут изготовлены полированные штуфы, т. е. небольшие образцы с одной гладко отшлифованной поверхностью. Пользуясь свойством непрозрачных минералов поразному отражать падающий на них свет, с помощью специальных микроскопов геологи изучают рудные минералы, определяют их состав.

В настоящее время существует много методов всестороннего и глубокого изучения веществ, из которых состоят горные породы.

Получив результаты лабораторных исследований, геологи снова обратятся к геологическим картам, чтобы на основе новых данных уточнить и детализировать их. Так, сочетая экспедиционную работу с изучением собранных образцов горных пород в лабораториях, геологи определяют, предсказывают места, в которых могут быть обнаружены скопления полезных ископаемых. В этих местах проводятся поисковые работы и более детальное геологическое картирование. Если полезные ископаемые обнаружены, то начинают уже разведочные работы с применением бурения, проходкой горных выработок (шурфов, штолен, шахт и т. д.). Так, шаг за шагом, геологи отвоевывают у природы скрытые в недрах богатства.

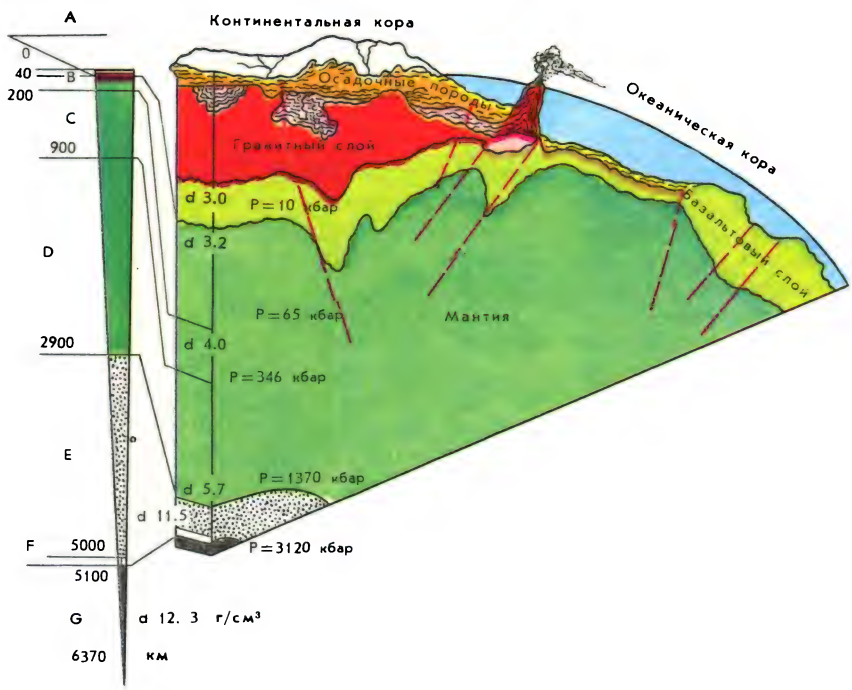
И чтобы во всеоружии вступить в этот бой, нужно иметь закаленное, тренированное тело и ум, обогащенный знаниями во многих областях науки — физике, химии, математике и других, без которых немыслима современная геология.

Структура земной коры

Представление о земной коре возникло в XVIII в. В то время ученые считали, что Земля образовалась из облака раскаленных газов. Охлаждаясь, это облако сгущалось до огненно-жидкого, уплотнялось и покрывалось с поверхности твердой коркой, под которой, как полагали, существует еще не остывшее жидкое ядро. Теперь геофизики единодушно считают почти всю Землю твердой. По современным представлениям земная кора — это верхняя, твердая, в основном кристаллическая, сложно построенная оболочка земного шара с плотностью вещества у своей подошвы 2,9—3,2 г/см^3. Ниже коры лежит более плотная оболочка — мантия.

Толщина земной коры, строение, состав слагающих ее горных пород и их свойства резко различаются в разных частях материков и особенно в океанах. На материках кора состоит из трех слоев: *осадочного, гранито-гнейсового* и *базальтового.* Названия их условны: они укоренились в геологии потому, что скорости распространения сейсмических волн в них близки к тем, которые наблюдались при прохождении через осадочные породы, граниты и базальты на поверхности Земли. На больших глубинах, в условиях высоких давлений и температур известные скорости могут быть в других породах. В океанах гранитный слой отсутствует, а слой осадков очень тонкий — не более 2 км. В переходной области от материков к океанам кора промежуточного типа, с более мощным гранитным слоем. В зоне вулканических дуг, как, например, в Курило-Камчатской или Японской, более утолщен гранито-гнейсовый слой, а в срединно-океанических хребтах — базальтовый слой.

В горных странах кора почти вдвое толще (до 70—80 км), чем в равнинных, за счет утолщения осадочного и гранитного слоев. Последний вместе с базальтовым слоем образует как бы корни молодых горно-складчатых систем — таких, как Кавказ, Памир и Гималаи. В Черном море и в южной части Каспийского кора напоминает океаническую, но по-



Строение Земли и земной коры.

Оболочки земного шара:
A — земная кора;
B и C — верхняя мантия;
D — нижняя мантия;
E — внешняя часть ядра;
F — переходная зона между внутренним и внешним ядром;
G — внутреннее ядро;
d — плотность;
p — давление.
Цифрами указаны глубины границ в км.

крыта слоем осадков мощностью до 15—20 км. Размах рельефа между максимальными глубинами океанов (11 022 м) и вершиной Гималаев (8848 м) составляет примерно 20 км, т. е. он вдвое меньше толщины коры материков. Это указывает на большую подвижность окраин океанов, межгорных морей и гор. Такие подвижные области называются *геосинклиналями*. Равнины, напротив, связаны с устойчивыми, малоподвижными структурами коры — жесткими плитами, которые называют *платформами*. Толщина коры здесь составляет 30—40 км. Вулканические островные дуги вытянуты вдоль зон глубинных разломов, отделяющих океан с базальтовой корой толщиной 5—10 км от материковых окраинных морей с корой промежуточного типа, и представляют собой зародыши материковой коры.

Чем объясняется такое разделение коры на неоднородные слои? Сопоставление химического состава Земли в целом, мантии и коры, а также всех трех основных слоев коры показывает, что от ядра к коре увеличивается содержание более легких элементов: кислорода, кремния, алюминия, калия, натрия. Та же закономерность наблюдается в осадочной оболочке по сравнению с гранитным слоем, а в гранитном слое — по сравнению с базальтовым слоем. Такое распределение веществ в Земле и коре, очевидно, связано с законом всемирного тяготения и с его проявлением на Земле — силой тяжести.

Существует много методов исследования земной коры. Исследования начинаются с описания рельефа, изучения состава и строения горных пород на поверхности Земли. О глубинном строении земной коры геологи судят по составу, строению и условиям залегания горных пород, наблюдаемым на местности, или по пробам грунтов со дна океана и т. д. Ценные сведения дают буровые скважины, глубина которых уже превысила 8 км. Геофизики определяют плотность, упругость, магнитные и электрические свойства собранных геологами горных пород, а затем с помощью сложных приборов выясняют, где, на каких глубинах такие породы залегают. Геохимики изучают химический состав пород из разных слоев коры, а возраст слоев определяют с помощью радиометрических методов. Для познания структуры и стадий развития горных систем большое значение имеют палеогеографические методы их изучения.

В основе *палеогеографических методов* лежит сравнение современных процессов, протекающих в земной коре и на ее поверхности, с древними геологическими процессами, создавшими разные слои пород. Так, мы знаем, что в полосе морского прибоя образуются галечники. Встретив в геологическом разрезе галечники, можно определить береговую линию, проходившую в этом месте в далеком прошлом. Если же в разрезе прерывается последовательность наслоения, значит, был перерыв в накоплении осадков. А это свидетельствует о том, что на какой-то период здесь была суша, т. е. земная кора поднималась: только при поднятии выше уровня моря отложение осадков прекращается и начинается их размыв. Если затем местность снова опускается под уровень моря, то параллельные слои осадков отложатся на неровную размытую поверхность, перекрыв ее «несогласно». Такое «несогласие» с параллельными слоями указывает на вертикальные колебательные движения вниз-вверх, снова вниз.

Известно, что состав отложений зависит от условий их накопления. Например, даже морские относительно однородные осадки изменяются в зависимости от близости берега. На морских пляжах и в мелководье накапливаются галечники или пески, а глубже и дальше от берега в морях отлагаются различные илы, частицы которых имеют размеры менее одной сотой части миллиметра. На больших глубинах вдали от берегов осаждаются тончайшие глины. Осадки разного состава, образовавшиеся в одно и то же время в разных условиях, называются *фациями отложений*. Различают морские песчаные, глинистые и известняковые фации, или фации больших глубин, континентальные озерные, болотные, речные (аллювиальные), ледниковые и т. д. Встречая в геологических разрезах эти фации, геолог делает вывод о древних географических условиях, о рельефе и структуре того или иного района. А по изменению состава и строения слоев осадочных пород в разрезах на большой площади можно установить границы суши и моря в древние времена, рельеф суши и глубину моря, близость и удаленность берега, т. е. выявить области поднятия или опускания коры. По этим данным составляют географическую карту для времени отложения изученных пластов, называемую *палеогеографической*.

Изучая мощность накопившихся толщ осадков, выясняют взаимное положение опускающихся и поднимающихся районов, а также скорости их движения. Если дно моря опускается с большой скоростью и также быстро поднимается соседняя суша материка, в бассейне отложится мощная толща осадков, снесенных с суши реками,— до нескольких километров за один геологический период. Это будут пески и суглинки, накопившиеся в мелком море. Измерив их мощность, можно сказать, как глубоко опустилась кора в море и как высоко поднялась смежная суша. Внеся поправки на неравенство площадей, разную скорость опускания моря и поднятия суши, можно восстановить картину тектонических движений и геологических структур, существовавших в минувшие геологические времена.

Для восстановления истории развития земной коры осадочные толщи расчленяют на *формации*. Так называют мощные серии пород, образовавшиеся в сходных, характерных только для них условиях. Например, выделяют *молассовую формацию* грубообломочных, песчано-галечных и валунных отложений предгорных и межгорных впадин. Эти отложения могут накапливаться в мелком море или на суше, но обязательно в подвижной области с сильно расчлененным горным рельефом. Присутствие моласс в геологическом разрезе говорит об активной тектонической деятельности и разнонаправленных движениях смежных глыб (блоков) земной коры. Такая раздробленность характерна для подвижных горных поясов, например Кавказа или Тянь-Шаня.

В других условиях отлагалась *известняковая формация*. Это чистые белые однородные известняки без примесей песков или глин. Они могут образоваться только в море. Поэтому присутствие известняковой формации в геологическом разрезе указывает на большую удаленность места их накопления от суши, т. е. в открытом море. Например, на Русской равнине была обнаружена известняковая формация каменноугольного периода. Отсюда можно сделать вывод, что Русская равнина в то время была дном моря.

Мощные отложения известняковой формации на большой площади свидетельствуют о равномерном опускании дна моря, о монолитности и однородности коры, характерной для материковых платформ. Таким образом, изучение формаций позволяет выделить крупнейшие структурные области материков — геосинклинали и платформы и проследить историю их развития.

О многом можно судить и по характеру залегания слоев. Рыхлые современные образования, как чехол, облекают все неровности поверхности Земли, повторяя рельеф склонов долин и водоразделов, или покрывают обширные низменные и предгорные равнины, как, например, в пустынях Средней Азии. Более древние окаменевшие морские слои лежат обычно горизонтально на равнинах, а в горах собраны в складки различной сложности. Нередко в горах верхние, лежащие горизонтально слои как бы срезают более глубокие слои, наклоненные или собранные в складки. По этим так называемым *угловым несогласиям* видно, что первоначально горизонтальные слои древних осадков были смяты в складки и приподняты. Затем складки были размыты на поверхности Земли и снова опущены; тогда на них образовались верхние слои, впоследствии также приподнятые на поверхность.

Образование складок обычно сопровождается разрывами — сбросами и надвигами. Приподнятые блоки между двумя опущенными называются *горстами*, а опущенные блоки между приподнятыми — *грабенами*. Сложные системы ступенчатых глубоких грабенов — провалов, вроде озера Байкал, называют *рифтами*. Нередко разломы, ограничивающие рифты, проникают глубже подошвы коры — в мантию. При этом в коре и верхней части мантии понижается давление и температура плавления горных пород. В зонах глубинных разломов на границах мате-

риков и океанов обычно проявляется вулканизм. По разломам в земную кору внедряются расплавы глубинных пород разного состава, называемые магмой. Застывая на глубине, магма образует крупные тела гранитов — *батолиты* и пластообразные тела базальтов, или *долеритов*. На основании изучения геологических разрезов разных районов составляют геологические карты и профили. Они показывают строение земной коры, т. е. особенности состава, мощностей и залегания слоев разного возраста, их взаимоотношения между собой и с магматическими глубинными породами. По этим особенностям выделяют структурные элементы земной коры. Крупнейшие из них — материки и океаны. На материках выделяют подвижные пояса, или геосинклинальные области, и относительно устойчивые платформы. В океанах различают океанические плиты, соответствующие котловинам, срединно-океанические хребты, вулканические островные дуги и глубоководные желоба. Все эти крупные элементы, или структуры, подразделяются на более мелкие. Обычно структурные элементы земной коры отделены друг от друга глубинными разломами. Поэтому кора как бы разделена на глыбы (блоки).

Подвижные пояса материков представляют собой сложно построенные горно-складчатые системы длиной в тысячи и десятки тысяч километров, как, например, Альпийско-Гималайский, Монголо-Охотский, Верхояно-Чукотский, Урало-Тянь-Шаньский, Андийско-Кордильерский. Они состоят из отдельных звеньев вроде Альп, Кавказа, Эльбруса, Каракорума, Памира и т. д. Каждое из этих звеньев представляет собой самостоятельное горное сооружение длиной 1—2 тыс. км и шириной 200—300 км. Такие горные хребты разделены морями (Черное, Каспийское) или межгорными впадинами (Куринская, Ионская, Ферганская и другие впадины). Складчато-блоковая структура горных стран очень сложная. Если пересечь Кавказ от Еревана на север, то можно увидеть, что в районе Малого Кавказа, или Армянского нагорья, толщи осадочных пород мезозоя и кайнозоя мощностью в несколько тысяч метров пронизаны или перекрыты вулканическими породами. Кроме того, они собраны в складки и нарушены разломами так, что образуют выпуклую сложно-складчатую структуру, называемую *антиклинорием*. Высота складок уменьшается на севере по мере наклона слоев и понижения поверхности рельефа.

В бассейне реки Куры высокие горы Армянского нагорья сменяются холмами и равниной. Слои третичных и четвертичных пород залегают горизонтально или образуют простые складки. Здесь находится Куринская впадина. По своей структуре она вогнута и называется *синклинорием*. Еще далее на север поднимается глыбово-складчатый антиклинорий Большого Кавказа, отделенный разломами от Куринского синклинория и от Терского передового прогиба. Этот прогиб находится в долине Терека. Он заполнен толщей осадков мезозоя и кайнозоя мощностью до 6—8 км. Они полого наклонены к оси корытообразного прогиба и лишь на южном склоне его смяты в простые складки. Прогиб отделяет Кавказ от Прикавказской равнины и складчатой области Донбасса.

Таким образом в подвижной горно-складчатой области Кавказа чередуются выпуклые зоны, или антиклинории, и вогнутые зоны — синклинории, выраженные межгорными равнинами. Эти структуры отличаются не только формой складок, но также мощностью осадочной оболочки. В антиклинориях она наиболее мощная и достигает 15—25 км, в передовом прогибе промежуточной мощности — до 8—10 км, а в межгорной впадине очень тонкая — 2—3 км. Под слоем рыхлых молодых осадков здесь залегают древние кристаллические породы гранито-гнейсового слоя коры, пронизанные интрузиями. Этот блок приподнят по сравнению с антиклинориями и передовыми прогибами на несколько километров и называется *срединным массивом*.

Все перечисленные структурные элементы Кавказа отделены друг от друга разломами, которые нередко нарушают и складки. Картина еще более усложняется интрузивными массивами гранитов и других магматических пород, прорывающих ядра антиклинориев. Столь сложная структура характерна и для других горно-складчатых областей — Карпат, Урала, Памира и др. Она образовалась на месте системы глубоких, ограниченных разломами прогибов земной коры, называемых *геосинклиналью* или геосинклинальной системой.

На протяжении одной-двух геологических эр эта система прогибов заполнялась осадками мощностью в 10—15 тыс. м, которые подверглись метаморфизму и были смяты в складки в эпоху перехода геосинклинали от погружения к поднятию. Этот переход называется *инверсией* тектонических движений и завершается горообразованием, раскалыванием и поднятием коры.

Таким образом, мы изучили структуру подвижного пояса на примере Кавказа и проследили ее развитие.

Платформами называют обширные равнинные и платообразные участки земной коры, ограниченные горно-складчатыми областями. От поверхности на глубину до 2—3, а иногда 10—15 км они сложены осадочными породами, которые залегают почти го-

ризонтально или слегка наклонно. Нередко встречаются обширные покровы вулканических пород, переслоенные с осадочными. Таково, например, Средне-Сибирское плоскогорье к востоку от Енисея. Осадочный покров платформ называется *чехлом*, потому что он покрывает все неровности кристаллического основания платформы, которое называется *фундаментом*. Он сложен метаморфизированными породами — гнейсами, сланцами, мраморами и пронизан интрузивными магматическими породами. До образования осадочного чехла области современных платформ пережили такое же развитие, как и геосинклинальные горно-складчатые системы. Впоследствии горы здесь были разрушены, местность выравнялась и опустилась под уровень моря, в котором затем длительное время накапливались осадки современного чехла.

Таким образом, платформы имеют двухъярусное строение. Нижний структурный ярус, или фундамент, иногда выступает на поверхность, образуя такие крупные элементы платформ, как *щиты* и *кристаллические массивы*. На Русской платформе выступают Балтийский и Азово-Подольский щиты, а на Сибирской — Алданский щит и Анабарский массив. На склонах щитов осадочный чехол имеет небольшую мощность и фундамент постепенно опускается к периферии, погружаясь на большую глубину в центральных частях платформ и образуя впадины, которые называются *синеклизами*. Осадочный чехол в синеклизах имеет мощность до 10—15 км, как, например, в Прикаспийской и Тунгусской синеклизах. В Московской синеклизе он не превышает 2 км. Наиболее опущенные части синеклиз располагаются на узких удлиненных впадинах в породах фундамента, которые ограничены разломами и заполнены пологозалегающими древними осадками мощностью до 2—3 км. Такие прогибы, напоминающие провалы озера Байкал, называются *авлакогенами*.

Встречаются авлакогены, образовавшиеся не в опущенных частях фундамента синеклиз, а на сводах древних щитов, например авлакоген Донецкого бассейна и Днепровско-Донецкой впадины или современное Красное море. Такие провалы в земной коре, ограниченные разломами, по которым происходят вулканические излияния, называются также рифтами. После заполнения авлакогенов толщами осадков и вулканическими породами в них происходит складчатость и поднятия.

В результате образуются невысокие кряжи типа Донецкого и Тиманского.

Складки здесь простые, они постепенно переходят в купола или небольшие впадины в синеклизах и *антеклизах* платформ (слегка выпуклые участки чехла платформ, в центре которых иногда выступает складчатый фундамент).

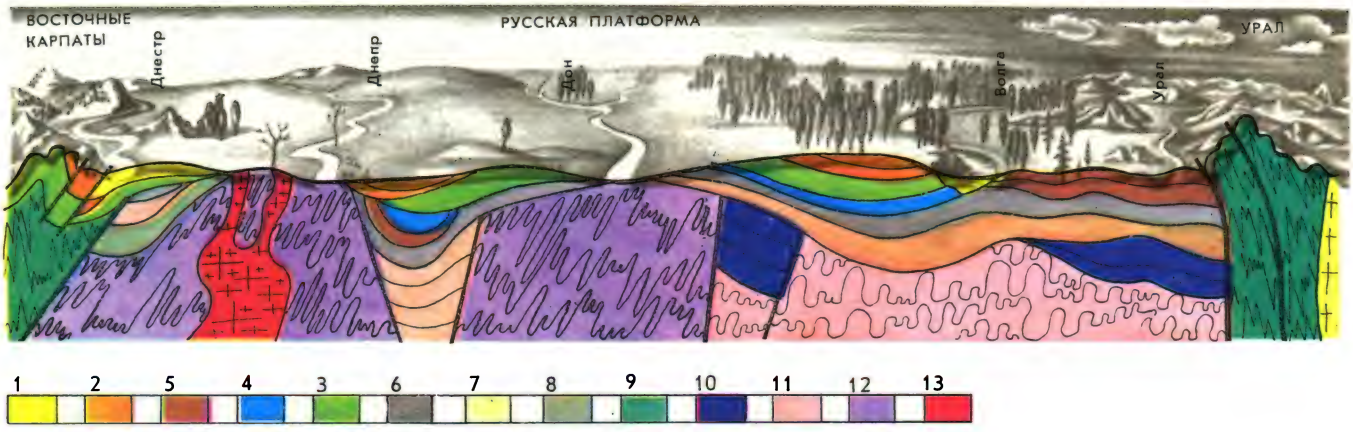
Платформы на протяжении многих геологических эпох опускаются под уровень моря или медленно поднимаются (колебательные движения). Горизонтальных тектонических движений, образующих складки в горных областях, на платформах не бывает. В эпохи общего погружения геосинклиналей платформы также опускаются, а в эпохи горообразования в подвижных поясах поднимаются. Смена поднятий опусканиями происходит на протяжении целого тектонического цикла, т. е. отрезка геологического времени в несколько *периодов* или *эр*. После поднятий вследствие затухания тектонических движений они переходят в платформу.

Земная кора развивалась циклично на протяжении всей истории, но наиболее отчетливо цикличность наблюдается начиная с позднего докембрия. Выделяют *Байкальский* тектонический цикл продолжительностью 800—1000 млн. лет. Он завершился складчатостью в докембрии на Тимане, в Саянах и Прибайкалье. *Каледонский* цикл продолжался от кембрия до раннего девона и закончился Каледонской эпохой складкообразования в Англии, Гренландии, Норвегии, Казахстане и Кузнецком Алатау. *Герцинский* цикл охватывает всю остальную часть палеозойской эры и начало триасового периода. Эпоха складкообразования — это время от среднего карбона до начала мезозоя, когда образовались горы Западной Европы, Урала, Тянь-Шаня.

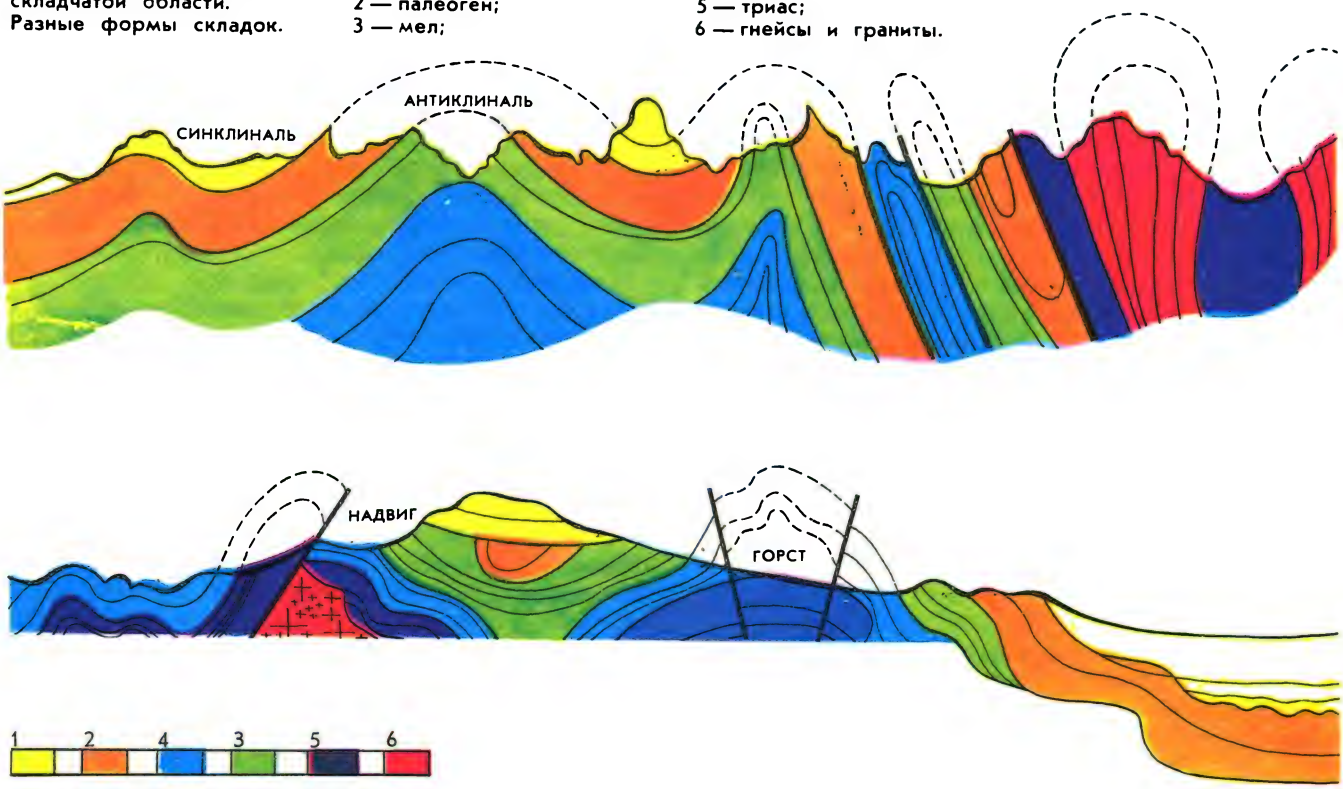
Альпийский тектонический цикл соответствует мезозойской и кайнозойской эрам. Эпохи складчатости были в конце мезозоя в Крыму, Верхоянье и на западе Северной Америки, а в неогеновое и четвертичное время — в Альпах, на Кавказе, на Памире.

Области земной коры, в которых складкообразование закончилось в байкальскую, каледонскую и другие эпохи, называются соответственно байкалидами, каледонидами, герцинидами, мезозоидами и альпидами. Они изображаются на тектонических картах разными цветами. Многие из областей домезозойской складчатости были выравнены и покрыты чехлом осадочных пород. Они превратились в древние и молодые платформы, как, например, Западно-Сибирская молодая платформа, или плита, с фундаментом палеозойского возраста или Русская древняя платформа с докембрийским фундаментом. Древние складчатые сооружения (Становой хребет, Прибайкалье, Саяны, Тянь-Шань и др.) были приподняты в неоген-четвертичное время в виде блоков за счет активизации тектонических движений.

Геологический разрез через Восточно-Европейскую платформу по линии Восточные Карпаты — Урал:
1 — неоген;
2 — палеоген;
3 — мел;
4 — юра;
5 — пермь;
6 — карбон;
7 — девон;
8 — силур;
9 — палеозой;
10 — рифей;
11 — протерозой;
12 — архей;
13 — гранитные интрузии (по М. В. Муратову).



Геологические разрезы складчатой области. Разные формы складок.
1 — неоген;
2 — палеоген;
3 — мел;
4 — юра;
5 — триас;
6 — гнейсы и граниты.



Как определяют возраст Земли и горных пород

Ученые изучают историю развития животного и растительного мира Земли не только потому, что это увлекательно и интересно. История органического мира имеет и самое прямое отношение к геологическим исследованиям по образованию и размещению полезных ископаемых. Дело не только в том, что каменный уголь — это остатки древних растений. Остатки растений и животных позволяют узнавать возраст горных пород. Все слышали о каменноугольном периоде, когда образовались крупнейшие месторождения на территориях, где ныне находятся Донбасс, Подмосковье и многие другие районы. В Поволжье крупные месторождения нефти заключены в породах, которые отлагались во время девонского периода, а знаменитые месторождения фосфоритов в Южном Казахстане приурочены к осадкам морей кембрийского периода. Короче говоря, в разное время на Земле отлагались разные ценные полезные ископаемые. Поэтому для их поисков надо уметь узнавать, в какую эпоху отлагались соответствующие слои и чем они отличаются от более молодых и более древних осадочных толщ.

На помощь геологам приходит *палеонтология* — наука об организмах геологического прошлого и о развитии живой природы в течение геологических времен. Если мы находим в пласте известняка панцирь трилобита, то можно уверенно сказать, что известняк образовался в палеозойскую эру. Этот пласт гораздо старше, чем слои, в которых найдены кости млекопитающих животных. Иногда бывает достаточно небольшой раковинки, крохотного обломка окаменевшей древесины, чтобы определить, в какой период отлагались те или иные слои.

Изучив последовательно смену событий — и геологических и биологических, ученые разделили всю долгую историю нашей планеты на пять наиболее крупных отрезков — *эр*. Три последние эры — *палеозойская, мезозойская* и *кайнозойская* (от греческих слов «палеос» — древний, «мезос» — средний, «кайнос» — новый и «зое» — жизнь) — разделяются на несколько *периодов*, а периоды, в свою очередь,— на *эпохи* и *века*. Две наиболее древние и самые продолжительные эры — *архейская* и *протерозойская* (по-гречески «археос» — древний, старый и «протерос» — первый, начальный) — на периоды, эпохи и века пока не разделяются. Во второй половине протерозойской эры в морях существовало много водорослей и появились первые животные.

Возраст горных пород, устанавливаемый по остаткам растений и животных, называют *относительным геологическим возрастом*. Мы можем узнать, моложе или древнее тот или иной пласт песчаника или глины по сравнению с пластами соседнего района. Но ведь этого мало. Важно знать, на сколько лет древнее или моложе, т. е. знать не только относительный, но и абсолютный геологический возраст горных пород, выраженный в миллионах и миллиардах лет. Успехи атомной физики позволяют геологам достаточно точно определять возраст горных пород. При этом они используют явления радиоактивности. Атомы некоторых элементов — урана, радия, тория и других — не остаются постоянными. Они изменяются, выделяя заряженные мельчайшие частицы (это и называется радиоактивным излучением), и превращаются в атомы свинца, гелия и других элементов. Скорость таких превращений для каждого элемента постоянна. Так, уран с атомным весом 238 (U_{238}) превращается в свинец и гелий. Чтобы половина атомов урана превратилась в атомы свинца, требуется 4520 млн. лет. Это время называется периодом полураспада урана. Для радия период полураспада 1590 лет, для тория — 13 900 млн. лет. Выяснилось, что способностью к радиоактивному распаду обладают некоторые разновидности атомов и у более широко распространенных элементов. Такие разновидности атомов называют радиоактивными изотопами. Радиоактивный изотоп калия (K_{40}) имеет период полураспада в 1,25 млрд. лет и превращается в атомы инертного газа аргона, а у изотопа рубидия (Rb_{87}) — 50 млрд. лет, и превращается он в атомы стронция. Даже углерод имеет радиоактивные изотопы C_{14}, которые превращаются в атомы азота, а период полураспада составляет 5760 лет.

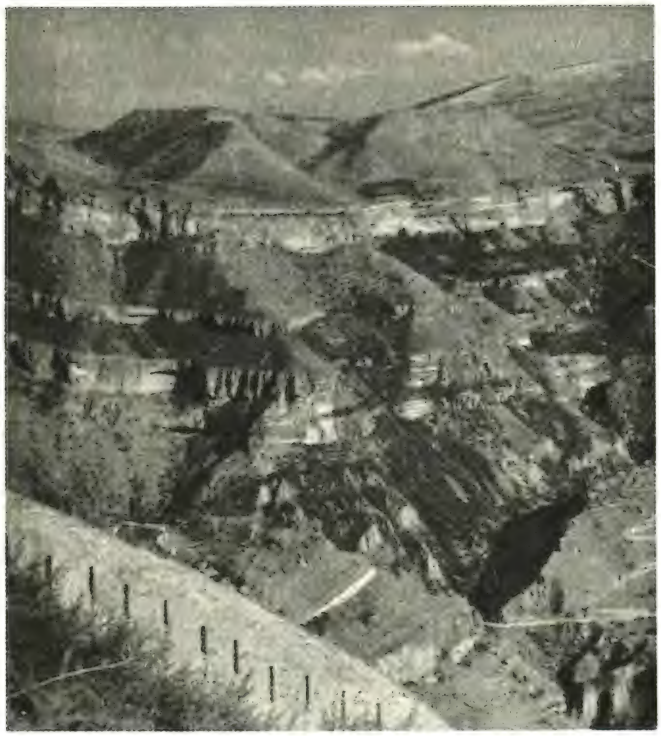
Определяют возраст по радиоактивным элементам и изотопам так. Ученые — физики и химики — точно подсчитывают, сколько содержится в горной породе атомов радиоактивных элементов — «родителей», а также «новорожденных» элементов — «детей». Затем решают самую обыкновенную задачу: известно, сколько времени нужно для превращения половины атомов (период полураспада) и сколько атомов распалось в изучаемой горной породе. Таким образом, составляется простая арифметическая пропорция — и получается абсолютный возраст горной породы.

Чем меньше период полураспада, тем точнее можно определить возраст пород, но только для геологически относительно недавних, коротких отрезков времени.

Так, по радиоактивным изотопам углерода определяется возраст остатков не старше нескольких десятков тысяч лет.

По радиоактивным изотопам калия удается измерять возраст горных пород в пределах сотен миллионов лет. Недавно в вечной мерзлоте Таймыра был найден замороженный труп мамонта. Анализ радио-

Геологи и палеонтологи изучили осадочные слои земной коры от верхних слоев — самых молодых до нижних — самых древних. По сохранившимся в них остаткам организмов была восстановлена подлинная история жизни на Земле.



Иногда бывает достаточно небольшой раковины, крохотного обломка окаменевшей древесины, чтобы определить, в какой период отлагались слои.

активных изотопов углерода показал, что этот мамонт жил приблизительно 11 тыс. лет назад. Зернам пшеницы, найденным в египетских пирамидах, оказалось 6100 лет, а костер, который обнаружил на острове Пасхи ученый-путешественник Тур Хейердал, горел 1550 лет назад, приблизительно в 400 г. н. э. Именно калий-аргоновым методом сделано большинство определений абсолютного возраста осадочных пород мезозоя и палеозоя. Дело в том, что калий входит в состав минерала глауконита. Этот минерал образуется одновременно с включающей его осадочной горной породой. Определив возраст глауконита по соотношению изотопов калия и аргона, мы получим возраст горной породы.

По соотношению рубидия и стронция можно «измерить» более долгие отрезки времени, и этот метод считается наиболее надежным для определения возраста самых древних горных пород, образовавшихся в архейскую и протерозойскую эры.

Выяснилось, что самому древнему камню на нашей планете около 4—5 млрд. лет.

Первые остатки каких-то организмов, скорее всего водорослей или бактерий, были обнаружены в слоях, возраст которых около 3 млрд. лет. Первые животные появились, очевидно, около 1 млрд. лет тому назад.

Но не думайте, что определение возраста древних пород — это чисто механическая, так сказать, лабораторно-машинная работа. В действительности все гораздо сложнее. Прежде всего, радиоактивные элементы и изотопы встречаются в горных породах в очень небольших количествах. Поэтому для их определения и подсчетов необходимы исключительно точные приборы. Кроме того, за многие миллионы лет горные породы подвергались воздействию различных процессов, которые могли значительно изменить их химический состав. Если минералы находились на поверхности Земли, они выветривались, растрескивались, разрушались. Если, наоборот, они попадали в глубинные слои земной коры, то они могли подвергаться процессам метаморфизма, о которых рассказано в других статьях тома. При этом могло изменяться и количество радиоактивных атомов. Значит, цифры, полученные самыми точными методами для таких образцов, еще не означают действительный абсолютный возраст горной породы. Поэтому для определения возраста пород необходимо пользоваться не одним, а несколькими независимыми методами.

Именно по таким проверенным цифрам и датируются границы периодов и эр, которые приведены в таблице.

Хронологическая таблица истории Земли и органического мира

Эры, периоды	Главные этапы развития растительного и животного мира
Кайнозойская эра (длительность 65—67 млн. лет)	
Четвертичный, или антропоген (длительность 1 млн. лет)	С начала периода животный и растительный мир близки к современному. В Европе и Сибири водились мамонты и носороги. Появился человек
Третичный (длительность 64—66 млн. лет)	
Неогеновый (длительность 24—25 млн. лет) Время от начала эры, периода 25—26 млн. лет	Богатая и разнообразная растительность. Появляются лошади, жирафы, саблезубые тигры
Палеогеновый (длительность 41—42 млн. лет) Время от начала эры, периода 65—67 млн. лет	Распространение покрытосемянных растений. Развитие разнообразных групп млекопитающих, появляются парнокопытные, хищники, китообразные. Широко распространяются беззубые птицы
Мезозойская эра (длительность 160 млн. лет)	
Меловой (длительность 70 млн. лет) Время от начала эры, периода 136—137 млн. лет	Появление и резкое увеличение в конце периода покрытосемянных растений. Расцвет и вымирание крупных ящеров. Появление беззубых птиц. Редкие примитивные млекопитающие. Вымирают аммониты и белемниты
Юрский (длительность 54—58 млн. лет) Время от начала эры, периода 190—195 млн. лет	Распространяются голосемянные растения. Разнообразие пресмыкающихся — летающие, плавающие, гигантские формы. Распространение аммонитов и белемнитов. Появляются первые зубастые птицы и млекопитающие
Триасовый (длительность 35 млн. лет) Время от начала эры, периода 225—230 млн. лет	Древовидные папоротники и голосемянные. Вымирают гигантские земноводные. Развитие основных групп мезозойских пресмыкающихся. Появляются белемниты, костистые рыбы, шестилучевые кораллы
Палеозойская эра (длительность 345 млн. лет)	
Пермский (длительность 55 млн. лет) Время от начала эры, периода 280—285 млн. лет	Растут гигантские папоротники, появляются первые голосемянные. Развиваются пресмыкающиеся и крупные земноводные. Вымирают табуляты, трилобиты и многие брахиоподы
Каменноугольный, или карбон (длительность 65 млн. лет) Время от начала эры, периода 345—350 млн. лет	Господство гигантских плауновых. Развитие земноводных, насекомых, возникновение пресмыкающихся
Девонский (длительность 50—60 млн. лет) Время от начала эры, периода 395—410 млн. лет	Широко распространена псилофитовая флора, появляются папоротники. Широкое развитие кистеперых и двоякодышащих рыб. Первые земноводные — стегоцефалы
Силурийский (длительность 30 млн. лет) Время от начала эры, периода 435—440 млн. лет	Появляются наземные растения — псилофиты. Распространяются панцирные и хрящевые рыбы, граптолиты и брахиоподы
Ордовикский (длительность 60—65 млн. лет) Время от начала эры, периода 500 млн. лет	На значительной части Русской платформы суша. В Сибири неглубокое открытое море. Распространение трилобитов и граптолитов. Первые бесчелюстные позвоночные
Кембрийский (длительность 70 млн. лет) Время от начала эры, периода 570 млн. лет	В начале периода массовое появление скелетов (внутренних и наружных — раковин) у различных групп животных. Массовое развитие известковых водорослей
Протерозойская эра Время от начала эры, периода 2500 млн. лет	Массовое развитие сине-зеленых водорослей. Появление (около 1 млрд. лет) первых животных — кишечнополостных, червей и др.
Архейская эра Время от начала эры, периода более 3 млрд. лет	Появление первых простейших живых существ, водорослей и бактерий. Первые известковые водорослевые постройки — строматолиты

Геологическая история Земли

Страницы геологической летописи

В этой статье раскрывается содержание одной из самых увлекательных, но трудных проблем, стоящих перед науками о Земле. Ведь люди не были свидетелями растянувшейся на миллиарды лет геологической истории развития нашей планеты. Человечеству немногим более миллиона лет, и общую картину прошлого, страницу за страницей, приходится создавать мысленно по отдельным разрозненным фактам.

На какие же факты опирается ученый, рисуя общую картину развития Земли? Главное в геологической летописи — сами горные породы и минералы, их состав, происхождение и дальнейшие изменения (см. ст. «Горные породы и минералы»). О многом можно судить по характеру толщ. Образование складчатости и вулканизм соответствовали активным периодам жизни Земли; накопление осадочных толщ шло в сравнительно спокойные периоды, а континентальные отложения появлялись после образования гор. Эти и другие подобные факты для разных районов поверхности Земли необходимо было установить в природе, нанести на геологические карты с таким расчетом, чтобы проследить все события во времени.

Возможность объективно восстановить общий ход геологического развития земной коры со времен ее образования и сопоставить историю разных районов Земли появилась совсем недавно благодаря широкому применению радиометрических методов определения возраста горных пород. О сущности этих методов рассказывается в статье «Как определяют возраст Земли и горных пород».

Однако, несмотря на успехи в определении абсолютного возраста горных пород по распаду радиоактивных веществ, сведения о наиболее ранних этапах истории развития земной коры все еще ограниченны и недостоверны. При общей продолжительности существования нашей планеты 5,5 млрд. лет и земной коры порядка 4,5—4,7 млрд. лет возраст наиболее древних пород — гранитов и гнейсов, который удалось определить достаточно надежно, составляет лишь 3,5 млрд. лет. Правда, совсем недавно на отдельных участках земной коры — наиболее древних щитах (Канадском, Балтийском и Южно-Африканском) — в глубинных породах обнаружены минералы, возраст которых достигает 4—5 млрд. лет. Однако не исключено, что эти малораспространенные древние породы внедрились в земную кору из более глубоких недр.

Кроме того, следует учитывать, что чем древнее породы, тем больше различных превращений (фаз метаморфизма) они пережили и тем больше шансов, что в них нормальные соотношения между естественно-радиоактивными веществами и продуктами их распада нарушились. А это не позволяет точно определить их абсолютный возраст. Возникает вообще предположение, что на рубеже 3,5 млрд. лет вся земная кора подверглась глубокому изменению под влиянием газовых или жидких растворов, поднимавшихся из недр Земли, при этом более древние породы земной коры полностью изменились и по своему составу приблизились к гранитам. Отсюда и понятие «гранитизация», которым мы будем пользоваться в дальнейшем.

Ранние этапы формирования земной коры

Догеологический этап (5,5—5,0 млрд. лет). На этом этапе завершилось формирование нашей планеты. При этом вещество Земли разделилось на две основные геосферы: ядро и мантию. Как произошло это разделение? Здесь мыслятся два пути, выраженных в двух гипотезах образования Земли. Согласно первой, Земля возникла из газово-пылевого скопления. Затем ее первично-однородная масса разделилась (дифференцировалась) на тяжелое, преимущественно железное, ядро и более легкую каменную, силикатную мантию путем «стекания» железа в ядро; этот процесс должен был сопровождаться сильным разогревом (до 2000° К). По второй гипотезе, сначала из железных же метеоритов образовалось железное ядро Земли, а затем оно «обросло» силикатной оболочкой из каменных метеоритов. Вторая гипотеза менее вероятна, хотя ее поддерживает ряд авторитетных ученых. Дело в том, что при этом варианте должны были бы существовать раздельно железные и каменные метеориты. Между тем изучение железных метеоритов говорит о том, что они могли возникнуть лишь в недрах распавшейся планеты под большим давлением, т. е. уже после образования Солнечной системы, включая Землю. Кроме того, первая гипотеза логичнее, ибо она предусматривает, что разделение первичного вещества Земли на ядро и мантию было следствием того же процесса, благодаря которому впоследствии из мантии выделилась земная кора. Наконец, первая гипотеза позволяет

считать, что граница между ядром и мантией не застывшая, а подвижная, динамическая и что процессы дальнейшего разделения вещества Земли на мантию и ядро могли еще долго продолжаться, хотя и замедленно. А это очень важно для понимания дальнейшей эволюции нашей планеты.

Катархейский этап (5,0—4,5 млрд. лет) ознаменовался формированием первичной океанической коры. В течение этого этапа в результате деятельности многочисленных вулканов и трещинных излияний образовалась первичная базальтовая оболочка Земли. Эта оболочка, по мнению ученых, была похожа на современную кору Луны. Однако этот наиболее ранний земной ландшафт уже тогда существенно отличался от лунного. Земля на этом этапе приобрела и затем, в отличие от Луны, сохранила водную и газовую оболочки. Водная оболочка первоначально могла покрывать всю поверхность Земли, кроме вулканических архипелагов, т. е. создавалась картина, похожая на современную центральную часть Тихого океана. При этом первичный океан напоминал современные океаны, но отличался меньшей глубиной — порядка 1,5—2 км.

Однако древнейшая базальтовая оболочка после своего образования подверглась сильным изменениям. На первичный базальтовый слой давила весьма значительная нагрузка более молодых образований, а снизу из мантии на него воздействовал тепловой поток, а также внедрялись газообразные и жидкие вещества. В ходе этих процессов метаморфизма и должны были образоваться сильно измененные породы — *гранулиты*.

Первичная базальтовая оболочка Земли могла сохраниться от последующего уничтожения в пределах современных древних платформ, где ей может соответствовать самый глубокий слой земной коры или даже верхняя часть мантии. Окончательно природа этого слоя может быть установлена лишь с помощью глубинного бурения.

Архейский этап (4,5—4,0—3,5 млрд. лет). В этот промежуток времени формируется первичная континентальная кора. Некоторые исследователи считают древнейшими породами земной коры сильно метаморфизированные основные вулканические породы типа так называемой *кивотинской серии*, залегающие близ озера Верхнего в пределах Канадского щита. Но уже несколько лет назад стало выясняться, что во многих районах земного шара в щитах древних платформ ниже пород, аналогичных кивотинской серии, залегают граниты и гнейсы возрастом 3,5 млрд. лет. Есть основания полагать, что эти гранито-гнейсовые породы, или гранитоиды, распространены в пределах всех древних платформ. Видимо, в это время процессы гранитизации охватили всю планету.

Откуда взялись эти древнейшие гранитоиды, пока не вполне ясно. Наиболее вероятны два пути их образования. Во-первых, они могли непосредственно выделиться из материала мантии и внедриться в кору в виде интрузий. Действительно, в составе излияний древнейших вулканов известны, и притом в значительном количестве, не только породы базальтового состава, но и более кислые (андезиты и кварцевые порфиры). В современных островных дугах, по мнению многих исследователей, развиты андезиты, выделившиеся из верхней мантии. Поэтому можно считать, что в раннем архее мантия могла дать не только базальтовую, но и андезитовую магму, из которой и сформировался древнейший гранито-гнейсовый слой.

Однако этой гипотезе противоречат некоторые факты. Более вероятно, что древнейшие гранитоиды образовались благодаря замещению состава осадочно-вулканогенных толщ горячими выделениями газов и расплавов, приносившими кремнезем и щелочи. Эти газы и расплавы могли поступать снизу из верхней мантии или из нижних слоев самой коры. Если они шли из мантии, то гранитизации могли подвергнуться и осадочно-вулканогенный слой и первичная базальтовая кора.

Так или иначе, за время течения архейского этапа образовалась древнейшая часть гранитного слоя древних платформ. Его образование означало переход от первичной океанической к первичной континентальной коре. Последняя, вероятно, не везде имела одинаковую мощность. На следующем этапе более обогащенные гранито-гнейсовыми породами участки коры как более легкие «всплыли» среди базальтовых пород и образовали первые участки (зародыши) будущих континентов. Эти участки имели в плане овальную или амебовидную форму и достигали в поперечнике многих сотен километров.

Таковы наиболее ранние этапы развития земной коры, о которых можно лишь высказать более или менее правдоподобные предположения; следующие этапы устанавливаются лучше, достовернее.

Позднеархейский — раннепротерозойский этап (3,5—2,0 млрд. лет). На этом этапе продолжалось наращивание земной коры: на ее поверхности со временем накапливались мощные вулканические и осадочные толщи. За время течения этапа процессы резкого изменения пород, т. е. метаморфизма и гранитизации, а также образование складчатости проявились дважды — на рубежах около 2,6 и 2,0 млрд. лет назад; это дает основание выделить два подэтапа: позднеархейский и раннепротерозойский.

Геосинклинальные пояса и древние платформы неогена.

1. Древние платформы и крупные срединные массивы с раннекембрийским фундаментом.

2. Срединные массивы с ранне- или с позднекембрийским фундаментом.

3. Геосинклинальные пояса (поздний протерозой, ранний кайнозой).

В течение первого подэтапа в результате главным образом подводных извержений накапливались мощные толщи вулканических пород преимущественно базальтового состава. Наряду с ними накапливаются и осадочные толщи, нередко со значительным содержанием кварца. Мощность осадочных толщ, например, на Канадском щите местами огромна — она достигает 6—9 км. Следовательно, уже на данной стадии развития коры существовали и разрушались достаточно крупные ее поднятия, сложенные гранито-гнейсовыми породами. Эти поднятия выступали в виде островов среди морей архея. Архейский подэтап завершился эпохой складчатости, сопровождавшейся метаморфизмом и гранитизацией горных пород. В результате на многих щитах — Канадском, Южно-Африканском, Балтийском — образовались чрезвычайно характерные многочисленные «семейства» гранито-гнейсовых куполов, группирующихся нередко в овалы. Кое-где такие купола располагаются настолько тесно, что осадочно-вулканогенные толщи архея сохранились лишь в узких промежутках между ними, где они слагают сжатые и сильно смятые в складки зоны прогибов — так называемые *синклинории*.

Архейские области прогибания обладают многими чертами сходства с будущими геосинклиналями —в них чередуются осадочные и вулканические отложения, суммарная мощность которых весьма значительна — нередко превышает 10 и достигает 20 км. Во всех областях прогибания наблюдались явления складчатости различной интенсивности, сопровождавшиеся метаморфизмом, а также процессами гранитизации. Платформ в архее еще не было, а глубинные разломы в условиях высокопроницаемой и разогретой земной коры быстро «залечивались» и перемещались в новое положение. Мало различался и состав осадочно-вулканических толщ разных районов. Однако, как показывают исследования, проведенные в последнее время, в архее намечаются глубинные разломы и более жесткие структуры с осадками и лавами разного состава.

В результате процессов складчатости, метаморфизма и гранитизации обширные площади, поднявшиеся над уровнем океана, объединились в первичные материки, или протоконтиненты. Однако в начале раннепротерозойского подэтапа объединение сменилось раздроблением коры, при этом обособились относительно устойчивые глыбы земной коры. Эти глыбы (иногда их называют протоплатформами) включают и более древние жесткие ядра из пород гранито-гнейсового состава. На поверхности глыб местами возникли плоские прогибы, заполнившиеся красноцветными обломочными, карбонатными и вулканогенными толщами. Устойчивые глыбы имеют угловатые контуры: они ограничены разломами в древнейшей континентальной коре.

Большинство будущих древних платформ возникло в результате слияния ряда таких глыб, или массивов, разделенных узкими (в десятки километров), но длинными прогибами. Наряду с узкими прогиба-

ми существовали и более широкие подвижные пояса, сохранившие свою подвижность и на следующих этапах геологической истории. По всем основным особенностям своего строения и развития эти раннепротерозойские подвижные пояса уже вполне соответствуют современному представлению о геосинклиналях. Но высоких гор, от разрушения которых образуется обломочный материал, на месте геосинклиналей того времени еще не возникло. Во многих раннепротерозойских геосинклиналях уже довольно отчетливо различаются внешние зоны, в которых отлагались почти исключительно осадочные толщи, включая известняки и доломиты, и внутренние зоны, в которых накапливались продукты подводных извержений — лавы, вулканические туфы и др. Раннепротерозойское время закончилось новой эпохой складчатости, метаморфизма и гранитизации. Первичный гранито-гнейсовый слой еще раз увеличился таким образом; его формирование в пределах современных древних платформ на этом по существу закончилось.

Отметим, что тектонические процессы в раннем протерозое сопровождались выносом из мантии и более глубоких горизонтов коры значительных количеств естественнорадиоактивных элементов — урана, тория, калия, которые концентрировались в гранитоидах и в обломочных толщах. Конец раннего протерозоя — 2 млрд. лет до н. э.— оказался очень важным рубежом в тектонической истории Земли. К этому времени в основном закончились процессы изменения общего характера развития литосферы, начавшиеся на рубеже 2,5 млрд. лет, поэтому ранний протерозой можно считать переходным этапом в развитии земной коры.

Среднепротерозойский этап (2,0—1,4 млрд. лет). Этот этап, в течение которого продолжалось развитие континентальной коры, относительно плохо «документирован» осадками и потому с трудом поддается расшифровке. Как постепенно проясняется в последние годы, эволюция коры на протяжении этого периода подразделялась, видимо, на два подэтапа.

В течение первого подэтапа (2—1,7 млрд. лет), соответствующего среднему протерозою, еще «доживали» отдельные геосинклинальные системы, заложенные в раннем протерозое, а также развивались узкие прогибы. Этот процесс завершился новой эпохой складчатости, вулканизма и движений коры в интервале примерно 1,7—1,6 млрд. лет, при этом формировались толщи из излившихся и глубинных (интрузивных) пород, включающие кислые лавы и граниты типа рапакиви. (Эти красные граниты выступают, в частности, в Выборгском массиве на Карельском перешейке; ими облицованы набережные, и из них высечены постаменты многих памятников в Ленинграде.) Эти очаги магматизма в пределах самой земной коры свидетельствуют о ее разогреве (вплоть до нижней части гранитного слоя) под воздействием все еще высокого теплового потока из глубоких недр. Благодаря частичному плавлению гранитного слоя и насыщению его щелочными растворами повышалась однородность фундамента будущих древних платформ. На ранее объединившихся участках коры в течение этого подэтапа местами возникли плоские прогибы и впадины — так называемые синеклизы, в которых накапливались красноцветные толщи обломочных пород с прослоями покровных базальтовых излияний, поднимавшихся из мантии по расколам уже охлажденной коры. В начале среднего протерозоя в некоторых районах (в частности, в Центрально-Азиатском поясе между Сибирской и Китайской платформами) возобновились опускания и накапливались не мощные и однородные карбонатные толщи.

На втором подэтапе (1,7—1,4 млрд. лет) на площади современных континентов преобладали поднятия, в ходе которых к началу позднего протерозоя, вероятно, сформировался огромный континентальный платформенный массив — «Большая Земля», занимавший все континентальное полушарие Земли. Предположение о его существовании теперь подтверждается данными радиогеохронометрии.

Какова же была при этом судьба океанов? В раннем протерозойском этапе воды покрывали практически всю поверхность Земли за исключением вулканических архипелагов и небольших участков островной суши — «микроконтинентов». За счет появления этих осушенных участков и дополнительного поступления образовавшейся в недрах *ювенильной*, т. е. первичной, воды, поднимавшейся на поверхность в ходе вулканических извержений, глубина первичного океана должна была несколько возрасти — примерно до 2,5—3,0 км. Но ведь в среднем протерозое уже огромная площадь стала сушей. Отдельные участки ее временами покрывались неглубоким морем, в котором отлагались известняки. Куда же в таком случае делась вода? Приходится допустить, что вместилищем воды стала возникшая в это время впадина Тихого океана, породившая затем по своей окраине геосинклинальный пояс вокруг всего океана. Протерозойская кора, бывшая на месте этого океана, могла в дальнейшем войти в состав фундамента складчатых горных сооружений, опоясывающих Тихий океан. В центре же океана древняя кора заместилась более молодой океанической корой. Но это, конечно, лишь одно из возможных предположений.

Новые этапы развития земной коры

Позднепротерозойский — палеозойский этап (1,4—0,25 млрд. лет). В конце среднепротерозойского этапа началось дробление «Большой Земли» и заложилась сеть геосинклинальных поясов, затем развивавшихся уже на протяжении всей остальной истории Земли. Этот этап подразделяется на два подэтапа: позднепротерозойский и палеозойский.

Существует две группы геосинклинальных поясов нашей планеты: Западно- и Восточно-Тихоокеанские, Атлантический, Урало-Мальгашский вытянуты в меридиональном направлении, Арктический, Средиземноморский и Южный — в широтном. В ячеях, образованных решеткой этих поясов, обособились древние платформы: Гиперборейская (ныне не существующая) в районе Северного полюса; Северо-Американская, Восточно-Европейская и Сибирская — между Арктическим и Средиземноморским поясами; Южно-Американская, Африканская, Индостанская и Австралийская — между Средиземноморским и Южным поясами и Антарктическая у Южного полюса. Наконец, особенно подвижная Китайская платформа расположена между двумя ветвями Средиземноморского геосинклинального пояса — Центрально-Азиатской на севере и Куньлуньско-Индонезийской на юге; с востока ее окаймляет Западно-Тихоокеанский геосинклинальный пояс.

На ранних этапах развития погружения в области геосинклинальных поясов шли сравнительно спокойно, в них накапливался по преимуществу материал, снесенный со смежных платформ,— кварцито-песчаники, глинистые сланцы, а также карбонатные толщи. Суммарная мощность отложений редко достигает 15—20 км. Глубокие прогибы были неширокими, а вулканизм, сопровождавшийся излиянием основной базальтовой магмы, протекал на ограниченных площадях.

Правда, пока изучены лишь внешние части (зоны «замыкания») позднепротерозойских геосинклинальных поясов. Имеющиеся данные показывают, что эти подвижные пояса возникли на континентальной коре. В некоторых районах их развитие сопровождалось растяжением этой коры, и в местах растяжения образовывались участки со вторичной океанической (базальтовой) корой. В результате подобного процесса в Северной Атлантике, в западной части современного Индийского океана, в полосе восточного склона Урала и Зауралья и в некоторых других районах могли возникнуть если не настоящие океаны, то во всяком случае бассейны, напоминающие Средиземноморье.

В пределах древних платформ в позднем протерозое образовывались понижения двух типов — геосинклинальные прогибы и относительно глубокие, ограниченные разломами узкие зоны опускания платформ (их называют *авлакогенами*). Геосинклинальные прогибы отличались не только большими мощностями отложений, в том числе и морских, но и их интенсивной складчатостью, образованием разломов, метаморфизмом и вторжением гранитных интрузий. Однако излияния основной магмы, т. е. базальтов, в их пределах были крайне редки. Примером таких протерозойских геосинклинальных прогибов, образовавшихся внутри платформ, могут служить Тиманский кряж на Европейской платформе и Енисейский кряж в Сибири. Характерно, что среди осадочных толщ, накопившихся в этих прогибах, встречаются выступы континентально-платформенного фундамента.

Глубоких понижений, связанных с разломами, особенно много обнаружено в пределах Русской платформы; есть они и на других платформах. В отличие от геосинклинальных прогибов эти глубокие понижения обычно заполнены только осадочными породами, часто континентального происхождения, мало измененными и лишь слабо смятыми в складки; граниты в них обычно отсутствуют.

Особенно важно, что в позднем протерозое образовались и геосинклинальные пояса, и платформы, придавшие основные черты современному структурному плану литосферы. На протяжении следующего, палеозойского, подэтапа геосинклинальные пояса и платформы, наметившиеся в позднем протерозое, продолжали развиваться. В результате байкальской складчатости на рубеже протерозоя и палеозоя южные части геосинклиналей Атлантического и Урало-Мальгашского поясов потеряли подвижность. Консолидировались и складчатые системы Африки и Южной Америки (Мавритании, Конго, Капской области, Мозамбика, Бразилии, Патагонии), спаявшие воедино древние платформы Южного полушария (вместе с Индостанской). В результате образовался огромный южный континент Гондваны. В течение всего раннего палеозоя он оставался сушей, в то время как платформы и даже щиты Европы и Северной Азии неоднократно погружались и заливались водами моря. Такое разное поведение северных и южных платформ сказалось на развитии Средиземноморского и Центрально-Азиатского геосинклинальных поясов: волна погружений, а за ней волна

складчатости и горообразования зародилась вначале у северного их края, а затем последовательно перемещалась к югу, достигнув окраины Африкано-Аравийской, Индостанской и Китайской платформ лишь в конце палеозоя (Китайская платформа), в конце мезозоя (Аравия) или даже в кайнозое (юг Африки, Индостан).

В результате байкальской, каледонской и герцинской эпох складчатости пояса геосинклинальных прогибов постепенно сужались; в отдельных окраинных геосинклиналях погружения сменялись поднятиями — они превращались в складчатые горные сооружения, окаймляющие древние щиты (например, Скандинавские горы на окраине Балтийского щита). В дальнейшем эти горы постепенно утрачивают подвижность и размываются, превращаясь в молодые платформы. За счет слагающих эти складчатые зоны пород верхнего протерозоя и палеозоя, подвергшихся умеренному изменению и частичной гранитизации, нарастал «гранитный» слой в пределах молодых платформ.

К концу рассматриваемого этапа в северных частях Атлантического и Урало-Мальгашского (Урал) поясов образовался новый огромный континент — Лавразия. В то же самое время уже начала распадаться Гондвана: в ее пределах образуется целая система глубоких разломов и опусканий и возобновляется бурное излияние базальтовых лав. Очевидно, аналогичная судьба постигла и Гиперборейский континент, располагавшийся в Арктике.

Формирование современной структуры земной коры

Мезо-кайнозойский этап (0,25 млрд. лет — до современности). Главным, определяющим событием последней главы истории литосферы, несомненно, было образование молодых океанов — Атлантического, Индийского, Северного Ледовитого, а также сопутствующей им грандиозной системы срединно-океанических хребтов, осложненных рифтовыми зонами.

Рифты — глубокие и очень протяженные (в тысячи километров) расселины земной коры на континентах и в океаническом дне. Чрезвычайно существенно, что растяжение земной коры, вызвавшее образование этих молодых океанов, шло в полном соответствии со структурным планом, сложившимся еще в позднем протерозое; породившие их рифтовые зоны образовались вдоль осевых зон палеозойских складчатых горных поясов. Одновременно обновился и более древний Тихий океан. В это же время в сохранившихся от предыдущих этапов глубоких участках Тихоокеанского кольца и Средиземноморского пояса геосинклиналей шли процессы складчатости и горообразования, сопровождавшиеся метаморфизмом горных пород; вместе с тем в земную кору внедрялось значительное количество гранитных интрузий.

На этом этапе, особенно в его заключительном, олигоцен-четвертичном периоде, образуется много новых высоких гор. Они возникли не в ходе складчатости, а в результате того, что древние складчатые сооружения были вновь приподняты тектоническими силами. Дело в том, что горы, возникшие ранее в ходе байкальской, каледонской, герцинской и киммерийской складчатости, подверглись сильному разрушению и выравниванию. Поднятия оживили эти горы.

Подобные омоложения древних горных систем происходили и на более ранних этапах истории Земли. Но теперь впервые древние омоложенные горы стали играть такую же или даже большую роль в формировании земной поверхности, что и молодые горы, возникающие непосредственно в ходе складчатости в геосинклинальных зонах. Это связано со значительным уменьшением площади геосинклиналей уже к началу мезозоя и особенно в кайнозое. Вторичные, или омоложенные, горные системы располагаются по окраинам геосинклинальных поясов или по границам платформ и океанов. От платформ вторичные горные системы отделяются тесно связанными с ними предгорными прогибами.

Итак, на последнем этапе тектонической истории Земли, наряду с классическими структурными элементами литосферы — континентальными платформами и геосинклиналями, на первый план выступили океанические впадины со срединно-океаническими поднятиями и вторичные горные пояса.

Общее направление геологического развития Земли

Обрисованная выше последовательность основных событий в истории земной коры, формирование океанов и материков не укладываются в рамки широко распространенного представления о том, что континенты прогрессивно растут за счет океанов. Современные океаны — отнюдь не реликты (остат-

ки) первичного океана, а геологические структуры континентов, нередко срезанные более молодыми океаническими впадинами; все это противоречит мнению о том, что океаны первичны. В самом деле, как объяснить, почему в течение 4,5 млрд. лет на одних участках процессы разделения вещества мантии привели к созданию мощной континентальной коры, а на других участках процесс этот остановился на стадии формирования примитивной океанической коры? Предположим, такое постоянство можно было бы объяснить первичной неоднородностью мантии. Но это не вяжется с целым рядом фактов общего структурного плана строения литосферы; противоречит этому и история современных геосинклиналей и платформ.

Не вполне удовлетворителен и другой взгляд, согласно которому развитие земной коры долгое время шло по пути приращения континентальной коры и лишь в мезозое начался распад континентов, при этом новые океаны образовались либо из-за раздвига континентальных глыб («дрейф континентов»), либо из-за обрушения, погружения и переработки континентальной коры («океанизация»).

Очевидно, обе эти гипотезы чрезмерно упрощают гораздо более сложный в действительности путь развития литосферы. На ранних этапах, в условиях сильного теплового потока и высокого содержания летучих и легкоплавких веществ в верхней мантии, сначала формировалась первичная океаническая кора (к 4,0 млрд. лет до н. э.), а затем и первичная континентальная (к 3,5—2,0 млрд. лет до н. э.). Этот процесс, постепенно ослабевая, закончился в основном к 2,0 млрд. лет до н. э. созданием, вероятно, довольно равномерного и сравнительно небольшой мощности (в среднем не более 30—35 км) слоя континентальной коры. Вместе с тем со временем ослабевал и тепловой поток из недр, а повсеместная подвижность коры сменилась неравномерной ее подвижностью вдоль сети глубинных разломов в охлажденной твердой оболочке Земли. Затем наступило время раздробления континентальной коры; заложились широкие подвижные геосинклинальные пояса, внутренние части которых на начальных стадиях своего развития приближались к океанам по размерам и характеру коры. Позже в подвижных поясах возникли зоны резкого утолщения коры — местами она почти вдвое толще «нормальной» первичной континентальной коры. Иначе говоря, произошло перераспределение коры: ее толщина на одних площадях резко возросла, а на других не менее резко уменьшилась, при этом возрастала мощность (толщина) литосферы под континентами в связи с погружением ее подошвы. В то же время мощность литосферы под океанами стала уменьшаться, что связано с образованием глубоких разломов — рифтов, в которых выступы глубинного подкоркового слоя пониженной плотности и вязкости достигают подошвы коры.

Таким образом, в ходе эволюции земной коры в верхней мантии (т. е. сферы Земли, охватываемой тектоническими процессами) возрастала неоднородность коры, определившая различия между океаническим и континентальным полушариями Земли, при этом проявлялся наиболее общий закон развития нашей планеты — шло усложнение вещественного состава и структуры земной коры, усиливалась дифференциация и разновременность протекания глубинных процессов в течение геологической истории.

Конечно, наука идет вперед, совершенствуются и наши представления о прошлом, столь необходимые как для понимания современных геологических процессов, так и для прогноза на будущее. А о том, как отражаются геологические процессы на современном лике нашей планеты, прочитайте в разделе «Поверхность Земли».

Полезные ископаемые

Добыча полезных ископаемых, или минеральных ресурсов, давно стала одной из самых важных отраслей индустрии. Современная *горная промышленность* располагает мощной техникой, хорошо разработанными методами добычи полезных ископаемых — в открытых карьерах, глубоких шахтах, с помощью многокилометровых буровых. Добычей полезных ископаемых и их переработкой заняты миллионы людей на земном шаре. Но вся эта техника была бы бесполезной, а горняки не имели бы работы, если бы геологи не указали в недрах Земли или на ее поверхности места сосредоточения различных полезных ископаемых, или их *месторождения.*

Многочисленная армия геологов, насчитывающая только в нашей стране свыше полумиллиона человек — ученых, полевых геологов, рабочих и работников лабораторий, ведет беспрестанный поиск месторождений. Это и есть главная задача геологии, а учение о полезных ископаемых — ее сердцевина.

Состав полезных ископаемых

Геологам надо знать, что искать, т. е. представлять, в каком виде встречается в природе то или иное вещество, с какими минералами или горными породами оно связано. А чтобы такие минералы или горные породы искать не вслепую, надо знать, каково их происхождение, с какими геологическими процессами оно связано. Так, породы вулканического происхождения надо искать в одних районах, а породы, накапливавшиеся в осадках древних морей,— в других. Разные процессы связаны с различными структурами земной коры: по разломам и трещинам с глубин поднимается магма; в прогибах земной коры накапливаются толщи осадочных полезных ископаемых, а на месте разрушенных гор обнажаются древние породы фундамента. И всем им свойственны разные группы полезных ископаемых. При этом многие кладовые ценных минералов находятся не на поверхности Земли, а погребены под толщами других пород. Наконец, большинство полезных ископаемых образовалось не в современную эпоху, а в глубочайшей древности — миллионы и сотни миллионов лет назад. И геолог должен уметь читать древнюю историю Земли.

Всем, о чем мы здесь говорим, занимается целая семья геологических наук: минералогия и петрография, изучающие вместе с кристаллографией вещество земной коры; тектоника — наука о строении земной коры, ее структуре и движениях; прошлое Земли исследует историческая геология; особые задачи стоят перед стратиграфией, литологией, гидрогеологией; помогают вести поиск геохимия и геофизика... Все это сложные и увлекательные науки; в других статьях этого раздела вы уже познакомились с самыми общими их выводами, необходимыми для учения о полезных ископаемых.

Различные металлы, твердое и жидкое топливо, расщепляющиеся минералы, строительные и поделочные камни, химическое и керамическое сырье, удобрения, соль, термальные и минеральные воды и многое, многое другое, без чего не может существовать современный человек, извлекается из недр Земли. В них эти необходимые человеку вещества залегают в виде различных горных пород, руд и минералов, называемых *полезными ископаемыми* или минеральными ресурсами. Места же их залегания на поверхности и в глубинах Земли, на дне океанов — это *месторождения полезных ископаемых*.

Еще на заре человеческого общества, в каменном веке, люди использовали глыбы или обломки горных пород и примитивные изделия из них в качестве повседневного орудия труда. Одним из первых металлов было самородное золото, находки которого известны за 12 тыс. лет до н. э. В бронзовый век (приблизительно от 4 тыс. до 1 тыс. лет до н. э.) люди открыли способ выплавлять из руд цветные металлы и получать сплавы меди с оловом, свинцом, сурьмой и серебром. Теперь они не только искали самородки, но добывали руды этих металлов. В более поздний, железный, век наши предки начали ковать изделия из найденного ими метеорного железа, а затем научились выплавлять металл из железной руды. Секрет получения железа из руд был раскрыт в Египте и Месопотамии во 2 тысячелетии до н. э., а в остальных странах, в том числе и в Европе, железо начали выплавлять только в начале нашей эры. Нефть в качестве топлива применялась уже в бронзовом веке, а каменный уголь начал играть существенную роль лишь с XVII в.

Так постепенно человечество расширяло круг минеральных веществ, добываемых из земных недр. По подсчетам академика В. И. Вернадского, в древние века человек использовал 18 химических элементов, получаемых из полезных ископаемых. К XVII в. их уже насчитывалось 25; в XVIII в.— 29; в XIX в. на службе у человека было уже 47 элементов, а в начале XX в.—54. В середине XX в. человек использует 80 природных элементов, не считая 11 трансурановых элементов, получаемых искусственно.

Полезные ископаемые так прочно вошли в жизнь человеческого общества, к изделиям из них мы настолько привыкли, что подчас их не замечаем. Мы забываем, что для изготовления ложек, ножей и вилок добывались руды железа, алюминия, хрома, никеля, молибдена, меди и серебра. Для производства изделий из стекла из недр Земли извлекали кварц, а для фарфоровой посуды — полевые шпаты. Из шахт или со дна озер добывают пищевую соль, а для изготовления синтетических тканей употребляют горючий газ и нефтяные продукты.

Не задумываемся мы и о том, что современные сооружения представляют собой целые музеи по-

Для ювелирных изделий используются кристаллы драгоценных камней.

Вверху — аметист
Внизу — изумруд

разновидности агата
топаз граненый

берилл
топаз природный

лезных ископаемых. Так, например, при строительстве главного здания Московского университета на Ленинских горах было использовано 74 разновидности полезных ископаемых, в том числе 12 видов гранита, 5 видов мрамора, 4 вида известняка, 19 различных металлов. Если же учесть полезные ископаемые, потребовавшиеся при изготовлении учебного оборудования и лабораторных приборов, то список их существенно возрастет. В автомобиле «Волга» использовано 36 видов полезных ископаемых.

Одни полезные ископаемые используются в форме природных минералов и кристаллов или твердых, жидких и газообразных пород; другие — в виде элементов и их соединений, извлеченных из пород и руд. Как *элементы* или их *соединения* используются черные металлы (железо, марганец, хром), легкие металлы (алюминий, литий), цветные металлы (медь, цинк, свинец), редкие металлы (вольфрам, молибден, олово, кобальт, ртуть), благородные металлы (золото, платина, серебро), радиоактивные металлы (уран, торий, радий, актиний, нептуний, плутоний).

В форме *природных минералов* наиболее часто используется в промышленности и в быту графит; асбест и андалузит — как огнеупоры; сера и сернистые соединения металлов (колчеданы) — для нужд химии; апатит, фосфорит и калийная соль — как сырье для производства минерального удобрения. Как *кристаллы* находят применение драгоценные камни (алмаз, изумруд, аквамарин, сапфир, рубин, топаз, аметист); горный хрусталь, кальцит, флюорит, турмалин и другие используются в оптической и электронной промышленности; кристаллы слюд (мусковит, флогопит) применяются в качестве диэлектриков.

Горные породы широко идут в дело при строительстве (плиты гранита и мрамора, гравий, песок, глина), а также в качестве твердого топлива (уголь, горючие сланцы, торф). В *жидком* виде добываются нефть и различные минеральные воды. В *газообразном* состоянии из недр Земли получают горючий газ, а также негорючие, или инертные, газы, такие, как гелий, неон, аргон.

Некоторые полезные ископаемые используются в том виде, как добываются, без переработки (графит, слюда, поваренная соль), другие требуют различной обработки. Строительные плиты и драгоценные камни требуют лишь механической полировки и огранки. Глины, идущие для производства цемента и фарфора, проходят термическую обработку — их обжигают в специальных печах при высокой температуре. Различные минеральные кислоты, а также минеральные удобрения получаются при хими-

ческом переделе минерального сырья. Металлы извлекаются из руды обычно в две стадии. На первой, называемой обогащением, руда дробится и из нее удаляют бесполезные минералы. При этом получается рудный концентрат с высоким содержанием металла. Затем из концентрата плавлением в металлургических печах или каким-либо другим способом, например электролизом, получают металл.

Обычно вещество твердого полезного ископаемого представляет собой целый агрегат различных минералов. В рудах, из которых извлекаются металлы, находятся ценные, или *рудные, минералы* — носители металлов. С ними вместе находятся не содержащие ценных элементов, или, как их иногда называют, *жильные,* минералы. Соотношение между рудными и жильными минералами может быть различным. Так, в кварцевых жилах количество золота составляет тысячные доли процента. Наоборот, богатые руды железа целиком состоят из рудных минералов, таких, как магнитный железняк.

В руде металлы редко встречаются в чистом виде, как, например, самородное золото. Чаще они входят в рудные минералы, имеющие различный химический состав. Так, железо, марганец, олово, уран, алюминий содержатся в руде в виде соединений с кислородом, т. е. в форме окислов. Медь, цинк, свинец, никель, сурьма, ртуть присутствуют в рудах в форме соединений с серой, или сульфидов. Магний добывают из его соединений с углеродом или из карбоната.

Не всякое скопление рудных минералов в недрах Земли можно считать месторождением полезных ископаемых. Скопление должно быть достаточно велико и содержать достаточно большое количество ценного минерала, чтобы оправдать его эксплуатацию, а также обработку и переработку ископаемых требующих обычно крупных затрат на строительство рудников, перерабатывающих фабрик и заводов.

Количество минерального сырья в недрах Земли называется его *запасами.* Минимальные запасы полезного ископаемого и самое низкое содержание в нем ценного компонента, достаточные для промышленной разработки, называются *промышленными кондициями.* Они весьма различны для разных групп полезных ископаемых. Например, заслуживающее промышленной разработки месторождение железной руды, как правило, должно обладать запасами в десятки — сотни миллионов тонн при содержании железа в руде не ниже 20%. Между тем добыча золота целесообразна на месторождении с запасами в несколько сот килограммов при содержании его в руде 0,0005%.

Скопления полезных ископаемых в недрах Земли образуют тела различной формы. Среди них чаще всего распространены пласты и жилы; известны также штоки, гнезда, штокверки, трубы.

Пласты — это плоские тела, подстилаемые и перекрытые слоями осадочных пород — известняков, песков, глин. Обычно пласты полезных ископаемых занимают большую площадь. Например, пласты углей Донецкого бассейна вытянуты в длину на несколько десятков километров. Толщина, или мощность, пластов бывает разная. В угольных пластах Донецкого бассейна она небольшая — в среднем 0,7 м. Между тем пласты каменной соли в Соликамске на Урале достигают мощности до 500 м.

Жилы представляют собой трещины в горных породах, заполненные полезным ископаемым. Толщина (мощность) жил колеблется от нескольких сантиметров до десятков метров. Их длина иногда измеряется метрами, но в некоторых случаях они вытянуты на сотни километров, как, например, золотоносная Материнская жила в Калифорнии протяженностью 200 км.

Пласты и жилы в недрах Земли могут залегать горизонтально, с наклоном под различным углом и даже вертикально.

Штоком называют крупное скопление полезного ископаемого, равномерно распространяющееся во всех направлениях. Известны штоки каменной соли или железной руды поперечником в один и более километров. Шток меньших размеров называется *гнездом. Штокверк* представляет собой массу горной породы, пронизанную тончайшими жилками и вкраплениями ценных минералов. Форму штокверка имеют некоторые месторождения меди, олова, молибдена, золота, асбеста. В форме *труб* и *трубок*, т. е. цилиндрических тел, уходящих в глубь Земли, залегают, например, скопления руд свинца, фторсодержащего минерала флюорита и др. Типичны кимберлитовые трубки с алмазами в Сибири и в Африке.

Тела полезных ископаемых различной формы встречаются как в виде индивидуальных залежей, так и группами, причем месторождение может состоять из одного или нескольких, иногда десятков и даже сотен чаще всего однотипных тел. От формы месторождения зависит и его поиск, разведка, а также способы добычи.

Пласт или жилу геолог прослеживает на большом расстоянии, стремясь не потерять. При разработке пластов каменного угля приходится обрушивать много пустой породы. А в крупном штоке каменной соли горные разработки выглядят как подземные сводчатые дворцы с белыми стенами.

Как возникли месторождения полезных ископаемых

Главная масса всех химических элементов, в том числе и очень ценных, рассеяна в горных породах. Лишь очень незначительная часть их сосредоточена в месторождениях полезных ископаемых. Но хотя содержание элементов в горных породах низкое, их общее количество грандиозно. Так, мировые запасы урана в выявленных месторождениях, содержащих богатую руду, к настоящему времени, даже без территории СССР, достигают 1 млн. т. Среднее же содержание урана, рассеянного в горных породах, составляет всего лишь 0,0004%. Однако общее количество рассеянного урана в земной коре колоссально и во много миллионов раз превышает запасы этого металла во всех известных месторождениях мира. А запасы в них равновелики количеству урана, находящемуся в рассеянном состоянии всего лишь в 100 км^3 горных пород. Так же обстоит дело и с другими ценными элементами.

Почему же, в каких условиях химические элементы, обычно входящие в состав минералов, слагающих горные породы, в отдельных местах образуют скопления с высокой концентрацией этих элементов? Над выяснением условий, создающих благоприятные природные предпосылки для формирования месторождений полезных ископаемых, трудились крупнейшие геологи мира.

Среди работ отечественных ученых выделяются труды В. И. Вернадского, И. М. Губкина, А. П. Карпинского, В. А. Обручева, А. Е. Ферсмана и других.

Все полезные ископаемые по условиям их образования разделяются на глубинные и поверхностные. Глубинные месторождения называются также *эндогенными* («эндо» — внутри, «генная» — рожденная), а поверхностные — *экзогенными* («экзо» — снаружи).

Формирование глубинных, или эндогенных, месторождений обычно связано с внедрением в земную кору и застыванием раскаленных подземных расплавов, или магм. Поэтому такие месторождения иногда называют *магматогенными* или магмой рожденными. Магма по трещинам проникает в горные породы. При этом только незначительная часть ее в вулканах достигает поверхности Земли, образуя потоки лавы и скопления вулканического пепла, создающего туфы. Большее количество магмы не доходит до земной поверхности и застывает на глубине, образуя глубинные кристаллические магматические породы, такие, как габбро, диориты, граниты и им подобные. Застывшие на глубине и на поверхности Земли магматические породы широко используются в качестве природных каменных строительных материалов.

Благодаря различию физических и химических свойств элементов в процессе остывания магматических расплавов в недрах Земли происходит их разделение, образуются скопления части химических элементов. При остывании так называемых *основных* магм, содержащих в своем составе не более 50% окиси кремния, процесс разделения слагающих их веществ идет подобно выплавке чугуна в домнах. При этом в застывающих на глубине скоплениях магмы кверху всплывают легкие породы, а на дно магматического резервуара опускаются тяжелые минералы, образующие рудные *магматические* месторождения. Наиболее значительные из них месторождения железа и титана, хрома и платины, меди и никеля. Близки к ним по своему происхождению и месторождения алмазов в кимберлитовых трубках Сибири и Южной Африки, но для их образования кроме высокой температуры важное значение имеет огромное давление.

Совершенно иначе обособляются ценные минералы при застывании так называемых *кислых магм*, содержащих более 50% окиси кремния. Эти магмы обычно отличаются повышенным содержанием различных газов, в том числе и паров воды. Газы растворяют многие химические соединения, особенно металлические, и не дают им выпадать в осадок на ранних стадиях остывания магмы. Поэтому условия для их концентрации создаются в самых поздних, не успевших полностью отвердеть остатках магматических расплавов. Часть таких остаточных расплавов магмы, насыщенных горячими газами и растворенными в них ценными элементами, внедряется по трещинам в горные породы и, остывая, образует так называемые *пегматитовые жилы*. Они состоят в основном из кварца и полевого шпата, а иногда содержат накопления слюды, драгоценных камней (топаз, аквамарин и др.), минералов бериллия и лития, олова, вольфрама, урана.

Магматические газы с растворенными в них ценными соединениями не только накапливаются в остаточных очагах магмы, но также могут просачиваться через уже отвердевшие стенки, проникая в окружающий остывающий магматический очаг породы, при этом между фильтрующимися раскаленными газами и окружающей породой могут возникнуть химические реакции. Особенно бурно они протекают между горячими магматическими газами и известковыми породами. В ходе таких реак-

Скопления полезных ископаемых в недрах Земли образуют тела различной формы.

На рисунках даны формы залегания магматических пород:

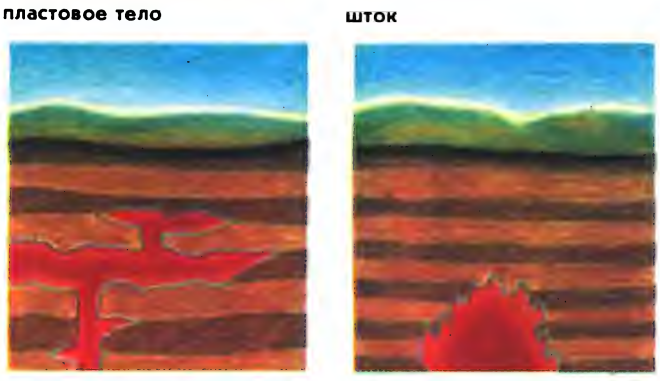
ций по периферии массивов остывающих магматических пород, в зоне соприкосновения их с известняками, возникают так называемые *скарны*. Они состоят из минералов, в состав которых входит известь, кремний и алюминий. Кроме того, в скарнах часто накапливаются минералы железа, меди, свинца, цинка, вольфрама, бора, образующие *скарновые месторождения* этих ценных элементов.

Но не все магматические газы реагируют на глубине с горными породами. Большая их часть вследствие высокого давления устремляется по трещинам и порам горных пород к поверхности Земли. При этом минерализованные пары постепенно охлаждаются, сжижаются и превращаются в горячие минеральные воды — *гидротермы*. Они продолжают подниматься по трещиноватым и пористым водопроницаемым горным породам. По мере дальнейшего охлаждения горячих минеральных вод растворенные в них соединения ценных и иных элементов выпадают в осадок. Заполняя трещины горных пород, они образуют жилы полезных ископаемых. Часть элементов гидротерм вступает в реакцию с минералами горных пород и отлагается, формируя залежи полезных ископаемых, замещающие эти горные породы. Подобного рода месторождения, образованные отложениями горячих минеральных вод в недрах Земли, называются *гидротермальными*. С этой очень важной группой эндогенных месторождений полезных ископаемых связаны большие количества руд меди, свинца, цинка, олова, вольфрама и других ценных элементов.

Экзогенные месторождения образуются под действием геологических процессов у поверхности Земли. Они формируются в ходе длительных изменений горных пород по мере их перемещения из недр к поверхности Земли. Такие медленные или внезапные катастрофические подъемы отдельных участков земной коры происходили во все геологические эпохи и продолжаются в наши дни. У поверхности Земли горные породы под действием колебаний температуры и водных потоков механически разрушаются на мелкие и мельчайшие обломки. Под влиянием воды, кислорода и углекислоты они химически разлагаются, меняя свой состав. Продукты такого разрушения уносятся водными потоками в реки и, оседая на их дне, образуют хорошо известные речные месторождения гравия, песков и глин. При этом некоторые химически стойкие, неокисляющиеся, твердые и тяжелые минералы накапливаются в нижней донной части речных отложений, образуя *россыпи*. В россыпях могут концентрироваться только тяжелые минералы с удельным весом более 3. Поэтому именно в виде россыпей известны месторождения золота, платины, оловянного камня, вольфрамита и т. д.

Значительная часть минеральной массы, находящейся в речной воде в виде ила или в растворенном состоянии, выносится в моря и океаны. Масштабы такого выноса огромны. Так, Волга за год выносит в Каспийское море 25,5 млн. т взвешенного в воде материала, Амударья в Аральское море — 215 млн. т, Амазонка в Атлантический океан — около 1000 млн. т. В океанах и морях минеральные вещества, поступающие с континентов, под влиянием силы тяжести, в результате химического воздействия соленой морской воды или в связи с жизнедеятельностью морских организмов осаждаются и накапливаются на дне. Так создаются толщи пород осадочного происхождения, среди которых находятся пласты осадочных полезных ископаемых. Наряду с такими общеизвестными, как пески, глины, известняки, распространены месторождения руд железа, марганца, алюминия, фосфоритов, угля и нефти.

На поверхности Земли образуются месторождения полезных ископаемых также вследствие растворения и выноса части вещества грунтовыми водами, причем в остатке накапливаются трудно растворимые ценные минеральные соединения. Например,



в породе, состоящей из соединений кальция и алюминия, кальциевые минералы могут растворяться и удаляться с водой, а в остатке накопятся соединения алюминия — бокситы — ценная руда для производства этого металла. Такие месторождения называются *остаточными*. Среди них помимо бокситов известны залежи железной руды, никелевой руды, фосфорных соединений.

Часть растворенного вещества может вновь отложиться под землей из грунтовых вод, при их инфильтрации по проницаемым породам. Возникающие при этом месторождения так и называются *инфильтрационными*. Среди инфильтрационных известны месторождения никеля, меди, золота, урана.

Если горные породы и заключенные среди них месторождения полезных ископаемых погружаются в глубь Земли, на них действует давление залегающих на них толщ и внутренний жар Земли. Под их влиянием горные породы и полезные ископаемые изменяются, преобразуются в метаморфические, такие, как гнейс или кристаллический сланец, при этом могут возникнуть *метаморфические* месторождения полезных ископаемых («метаморфоза» — изменение). К ним относятся как ранее существовавшие, но подвергшиеся интенсивному изменению тела, так и возникшие вновь вследствие метаморфизма. К последним принадлежат, например, месторождения мрамора, кровельных сланцев, слюды, графита, гранатов.

Эпохи формирования полезных ископаемых

Таким образом, мы узнали, в виде каких минералов и горных пород встречаются в земной коре полезные ископаемые, в каких формах они залегают. Вот если бы еще знать, когда возникли месторождения, с толщами пород какого возраста они связаны! Но месторождения полезных ископаемых формировались в недрах Земли и на ее поверхности на всем протяжении длительной истории геологического развития каменной оболочки нашей планеты, насчитывающей около четырех миллиардов лет. Однако ученые установили два важных обстоятельства. Во-первых, одинаковые полезные ископаемые, содержащие одни и те же виды минерального сырья, формировались многократно, начиная от древнейших геологических периодов до самого позднего времени. Во-вторых, концентрации минеральной массы, сопровождавшиеся образованием тех или иных месторождений, протекали кратковременно, как бы вспышками, разделенными длительными перерывами — периодами затишья. Повторяющиеся периоды образования тех или иных групп минерального сырья принято называть *эпохами* формирования полезных ископаемых. Выделяются, например, эпохи углеобразования, среди которых, как утверждал академик П. И. Степанов, особенно важны каменноугольная, пермская, юрская и третичная. Академик И. М. Губкин наметил особо богатые нефтью раннесилурийскую, средневерхнедевонскую, раннекаменноугольную, позднекаменноугольную, меловую и третичную эпохи. Академик Н. М. Страхов выделяет семь главных и девять второстепенных эпох образования осадочных месторождений руд железа, марганца и алюминия.

Особенно примечательны эпохи формирования эндогенных месторождений металлов, или, как их еще иногда называют, *металлогенические эпохи*. Они соответствуют геологическим циклам развития верхней оболочки Земли. В истории формирования земной коры выделяется пять главных геологических циклов и соответствующих им пять главных металлогенических эпох. Самый древний, архейский, цикл охватывает период от 4,5 до 2,5 млрд. лет от нашего времени. Последующий, протерозойский, цикл протекал от 2,5 до 1,65 млрд. лет. Более поздний, рифейский, цикл длился от 1,65 до 0,6 млрд. лет. Еще более поздний, палеозойский, цикл развивался от 0,6 до 0,25 млрд. лет. Наконец, самый последний, мезозойско-кайнозойский, цикл продолжается от 0,25 млрд. лет до наших дней.

В статье «Геологическая история Земли» было рассказано, что начиная с протерозойского цикла земная кора была расчленена на платформы и геосинклинали. *Платформы* — это отвердевшие и стабилизировавшиеся участки земной коры, испытывавшие в дальнейшем медленные вековые погружения. Во время таких погружений они покрывались

мелким морем. Затем наступали такие же плавные подъемы, во время которых море отступало. При наступлении моря поверхность платформ покрывалась горизонтально лежащими слоями морских осадков с заключенными среди них осадочными месторождениями полезных ископаемых.

В отличие от платформ *геосинклинали* более подвижны. Они испытывали интенсивные колебания с большим размахом погружения и поднятия. В истории развития геосинклиналей всех пяти металлогенических эпох выделяются три стадии со свойственными им месторождениями полезных ископаемых. В раннюю стадию происходило длительное и глубокое прогибание ложа геосинклинали. На нем накапливалось огромное количество осадков, достигающих мощности десяти и более километров.

На дне геосинклинальных морей действовали многочисленные вулканы, а в мощные толщи геосинклинальных осадков внедрялись магмы основного базальтового состава. При их остывании возникали магматические, скарновые и гидротермальные месторождения руд железа, хрома, титана, меди, цинка и платины. В среднюю стадию пласты пород, накопившиеся на дне геосинклинали, сминались в складки. Формирование складок также сопровождалось внедрением магм, но уже кислого гранитного состава. С крупными массивами гранитов этой стадии ассоциированы пегматитовые и скарновые месторождения руд цветных и редких металлов — вольфрама, олова, бериллия, лития и др.

В позднюю стадию сжатые в складки породы геосинклиналей раскалывались на крупные клинья, при вздымании которых на месте геосинклиналей образовывались горные хребты. Вдоль крупных расколов земной коры, ограничивающих такие клинья, вновь внедрялась магма гранитного и андезитового состава. В результате этого процесса зарождались многочисленные гидротермальные месторождения руд цветных, редких, благородных и радиоактивных металлов.

Образование гор на месте геосинклиналей было столь интенсивным, что соседние с ними платформы также активизировались: прогибались, а иногда раскалывались. По этим расколам из глубинных частей Земли проникала магма, при этом на платформах могли возникнуть эндогенные месторождения магматических руд меди и никеля, алмазов, гидротермальных руд золота, редких металлов.

На земном шаре известно девять платформ: Русская, Сибирская, Китайская, Индийская, Африканская, Североамериканская, Южноамериканская, Австралийская, Антарктическая. И хотя на них встречаются эндогенные месторождения полезных ископаемых, им более свойственны метаморфогенные руды в основаниях и осадочные месторождения в верхней осадочной оболочке. Горные же пояса, возникшие на месте геосинклиналей, таких, как Урал, Кавказ, Тянь-Шань, горные хребты Сибири, Кордильеры Америки, Альпы Европы и другие, особенно богаты разнообразными эндогенными месторождениями.

Горючие ископаемые

Особую группу полезных ископаемых образуют различные виды топлива: в них как бы аккумулированы солнечное тепло и энергия, которые освобождаются при сжигании. Торф, уголь, горючие сланцы, нефть и горючие газы содержат углерод, соединение которого с кислородом при горении сопровождается выделением тепла. Теплотворная способность горючих веществ, в том числе и горючих ископаемых, определяется количеством калорий, выделяемых при сжигании 1 кг топлива. Она колеблется в очень широких пределах и определяется следующими примерными границами (в килокалориях):

торф	500 — 2 000
горючий сланец	1 500 — 3 000
бурый уголь	3 500 — 7 500
каменный уголь	7 000 — 9 000
антрацит	8 000 — 8 400
нефть	10 000 — 15 000

Горючие ископаемые используются не только как топливо. Они служат незаменимым сырьем для производства разного рода изделий. Угли, горючие сланцы, нефть и газ идут на производство пластмасс, синтетических тканей, взрывчатых веществ, лекарств, красок, технических масел, мыла и других изделий.

Торф представляет собой скопление полуперепревшей растительной массы, накопившейся на дне болот и заросших озер. В его состав входят не полностью разложившиеся остатки деревьев, кустарников, тростника, камыша, трав и мхов, продукты их полного разложения, или гумус, а также глина и ил. В естественном состоянии торф содержит много воды (около 80—90%), поэтому он относится к низкокачественным горючим ископае-

Уголь — главный источник энергии, потребляемой самыми различными отраслями промышленности и транспорта.

мым. В настоящее время торф как горючее ископаемое не играет заметной роли: он используется как удобрение в сельском хозяйстве.

Уголь представляет собой горную породу темного цвета с большим содержанием горючего вещества, возникшего вследствие захоронения в осадочных толщах скоплений различных растений. В хлорофилловых зернах стеблей и листьев под влиянием солнечного света растения синтезируют из углекислого газа, воздуха и почвенной воды первичные органические вещества, при этом растения не только концентрируют в своих тканях углерод, водород и кислород, но и накапливают солнечную энергию, которая освобождается при сгорании. Поэтому ископаемый уголь иногда называют солнечным камнем. Пласты каменного угля формировались за счет накопления растений двух групп. К первой принадлежат водоросли, при разложении которых на дне водных бассейнов накапливались сапропели. Ко второй группе относятся остатки деревьев, кустарников, трав и мхов, подобных тем, которые слагают торф, но преобразованные в гумус.

Поэтому в зависимости от состава исходной растительной массы различают угли *сапропелевые* и *гумусовые*.

Массы сапропелей или гумуса накапливаются на дне болот, озер и морей, где их предохраняет от полного разложения слой воды, препятствующий воздействию кислорода воздуха. Постепенно такая полуразложенная растительная масса заносится илом, а потом толщей глин, песков и других осадков, при этом растительная масса уплотняется, обезвоживается и отвердевает, постепенно преобразуясь в ископаемый уголь. По мере увеличения перекрывающих осадков, а также все большего погружения на глубину углеобразующая масса изменяется все сильнее. При слабом изменении из торфяного гумусового вещества формируется бурый уголь, рыхлый и сравнительно мягкий. При дальнейшем изменении он преобразуется в более твердый каменный уголь черного цвета, а затем возникает густочерный блестящий твердый и хрупкий антрацит.

Ископаемые угли образуют пласты толщиной от нескольких сантиметров до десятков метров. Месторождения углей могут состоять из одного пласта, например в Подмосковном бассейне, или из десятков, как в Донецком бассейне. Пласты могут располагаться горизонтально или быть смяты в складки вместе с вмещающими их породами. Они могут встречаться на ограниченной площади, а также распространяться на большой территории. В последнем случае они формируют угольные бассейны. Например, Подмосковный бассейн бурого угля располагается в пределах Ленинградской, Новгородской, Калининской, Смоленской, Калужской, Московской, Тульской и Рязанской областей на общей площади 120 тыс. км^2. Донецкий бассейн каменного угля и антрацита расположен на территории Украины и Ростовской области на площади 60 тыс. км^2.

В Советском Союзе добывается огромное количество угля — до 600 млн. т в год. Но такие грандиозные размеры добычи не опасны для истощения природных кладовых, так как по запасам угля — 260 млрд. т — мы занимаем первое место в мире.

Горючие сланцы образуются преимущественно из сапропелей. Они представляют тонкослоистую глину, содержащую горючее органическое вещество, которое окрашивает породу в черный цвет. Горючие сланцы употребляются не только как топливо, из них извлекают минеральные масла, горючий газ, аммиак.

Нефть и *горючий газ* встречаются в земных недрах как вместе, так и раздельно. Нефть — это природная горючая маслянистая жидкость, состоит из смеси жидких и газообразных углеводородов. При отвердевании нефти образуются асфальт и озокерит. Природный горючий газ состоит из газообразных углеводородов — метана, этана, пропана.

Каспийское море. Нефтяная вышка на искусственном острове (на сваях).

Сушка брикетов торфа.

Нефтяные вышки в песках Средней Азии.

Открытый угольный карьер.

Формы подземных нефтяных резервуаров. Нефть залегает в пористых осадочных породах морского происхождения — песках и песчаниках, часто в сводчатых складках, встречается также и в известняках, где заполняет пустоты и трещины: слева — распределение газа и нефти в антиклинали; в центре — ловушка для нефти в разрезанных трещинами известняках; справа — слои песка переходят в глины. В местах их выклинивания образуется ловушка для нефти.

Нефть и горючий газ накапливаются в пористых породах, называемых коллекторами. Хорошим коллектором является пласт песчаника, заключенный среди непроницаемых пород, таких, как глины или глинистые сланцы, препятствующие утечке нефти и газа из природных резервуаров. Наиболее благоприятные условия для образования месторождений нефти и газа возникают в тех случаях, когда пласт песчаника изогнут в складку, обращенную сводом кверху. При этом верхняя часть такого купола бывает заполнена газом, ниже располагается нефть, а еще ниже — вода. Залежи нефти и газа вскрываются при помощи буровых скважин. На заре нефтедобывающей промышленности эти скважины вскрывали нефть и газ на глубине в несколько сот метров. В настоящее время, когда неглубоко залегающие месторождения выработаны, буровые скважины достигают глубины до 7 км. Газ и нефть находятся в недрах Земли под большим давлением, поэтому, если не принять мер, при бурении скважин возникают нефтяные и газовые фонтаны.

О том, как образовались месторождения нефти и горючего газа, ученые много спорят. Одни геологи — сторонники гипотезы неорганического происхождения — утверждают, что нефтяные и газовые месторождения образовались вследствие просачивания из глубин Земли углерода и водорода, их объединения в форме углеводородов и накопления в породах — коллекторах.

Другие геологи, их большинство, полагают, что нефть, подобно углю, возникла из органической массы, погребенной на глубину под морские осадки, где из нее выделялись горючие жидкость и газ. Это органическая гипотеза происхождения нефти и горючего газа. Обе эти гипотезы объясняют часть фактов, но оставляют без ответа другую их часть.

Полная разработка теории образования нефти и горючего газа еще ждет своих будущих исследователей.

Группы нефтяных и газовых месторождений, подобно месторождениям ископаемого угля, образуют газонефтеносные бассейны. Они, как правило, приурочены к прогибам земной коры, в которых залегают осадочные породы; в их составе имеются пласты хороших коллекторов.

В нашей стране давно известен Каспийский нефтеносный бассейн, разработка которого началась в районе Баку. В 20-х годах был открыт Волго-Уральский бассейн, который назвали Вторым Баку. В 50-х годах был выявлен величайший в мире Западно-Сибирский бассейн нефти и газа. Крупные бассейны, кроме того, известны и в других районах страны — от берегов Ледовитого океана до пустынь Средней Азии. Они распространены как на материках, так и под дном морей. Нефть, например, добывается со дна Каспийского моря.

Советский Союз занимает одно из первых мест в мире по запасам нефти и газа. Большое преимущество этих полезных ископаемых — сравнительное удобство их транспортировки. По трубопроводам нефть и газ поступают за тысячи километров на фабрики, заводы и электростанции, где используются как топливо, как сырье для производства бензина, керосина, масел и для химической промышленности. По трубопроводу «Дружба» длиной более 4000 км нефть течет из Советского Союза в Польшу, Чехословакию, Германскую Демократическую Республику и Венгрию. Горючий газ Средней Азии и Приволжья доходит до Москвы и Ленинграда, обеспечивая квартиры жителей городов и сел дешевым и чистым топливом.

Как ищут месторождения полезных ископаемых

Прежде чем разрабатывать месторождения полезных ископаемых, их нужно найти, выявить, оценить. Это увлекательная, но не легкая задача.

Недра нашей планеты таят огромные запасы полезных ископаемых. Часть из них залегает около поверхности Земли, другие же — на больших глубинах, под толщей «пустой» породы. Искать скрытые месторождения особенно трудно, даже опытный геолог может пройти над ними, ничего не заметив. И здесь на помощь приходит наука. Геолог, приступая к поискам, должен ясно представлять себе, что и где он будет искать. Наука теоретически обосновывает общее направление поисков месторождений: она указывает, в каких районах, среди каких горных пород и по каким признакам следует искать скопления ископаемых. При поисках месторождений в конкретном районе большую помощь геологу-поисковику оказывает геологическая карта. Ученые разработали различные прямые и косвенные методы поиска и разведки полезных ископаемых. О них и пойдет речь ниже.

Геологическая карта

Геологическая карта дает общие представления о геологическом строении того района, где ищут то или иное полезное ископаемое. Она составляется по материалам обследования *обнажений*, т. е. выходов коренных пород (например, в оврагах, ущельях и по горным склонам), а также *опорных скважин*, из которых получают образцы горных пород с глубины в десятки, сотни и даже тысячи метров.

На геологической карте показано, какие горные породы и какого возраста находятся в том или ином месте, в каком направлении они простираются и погружаются на глубину. На карте видно, что одни породы встречаются редко, а другие тянутся на десятки и сотни километров. Например, на карте указано, что в центральной части Главного Кавказского хребта залегают граниты. Много гранитов и на Урале, и в Тянь-Шане. О чем это говорит геологу-разведчику? Мы уже знаем, что в самих гранитах и в изверженных породах, похожих на граниты, можно встретить месторождения слюды, горного хрусталя, свинца, цинка, олова, вольфрама, золота, серебра, мышьяка, сурьмы и ртути. А в темноокрашенных изверженных породах — дунитах и перидотитах — могут концентрироваться хром, никель, платина, асбест. Совсем другие полезные ископаемые связаны с осадочными горными породами разного происхождения и возраста.

Геологические карты разных масштабов составлены на всю территорию Советского Союза. Кроме районов распространения различных горных пород на них выделяют складки, трещины и другие участки, в которых могут залегать руды, а также места находок рудных минералов. По этим данным намечают рудные районы и более крупные площади — металлогенические провинции, в которых установлены признаки определенных руд и могут быть найдены их месторождения.

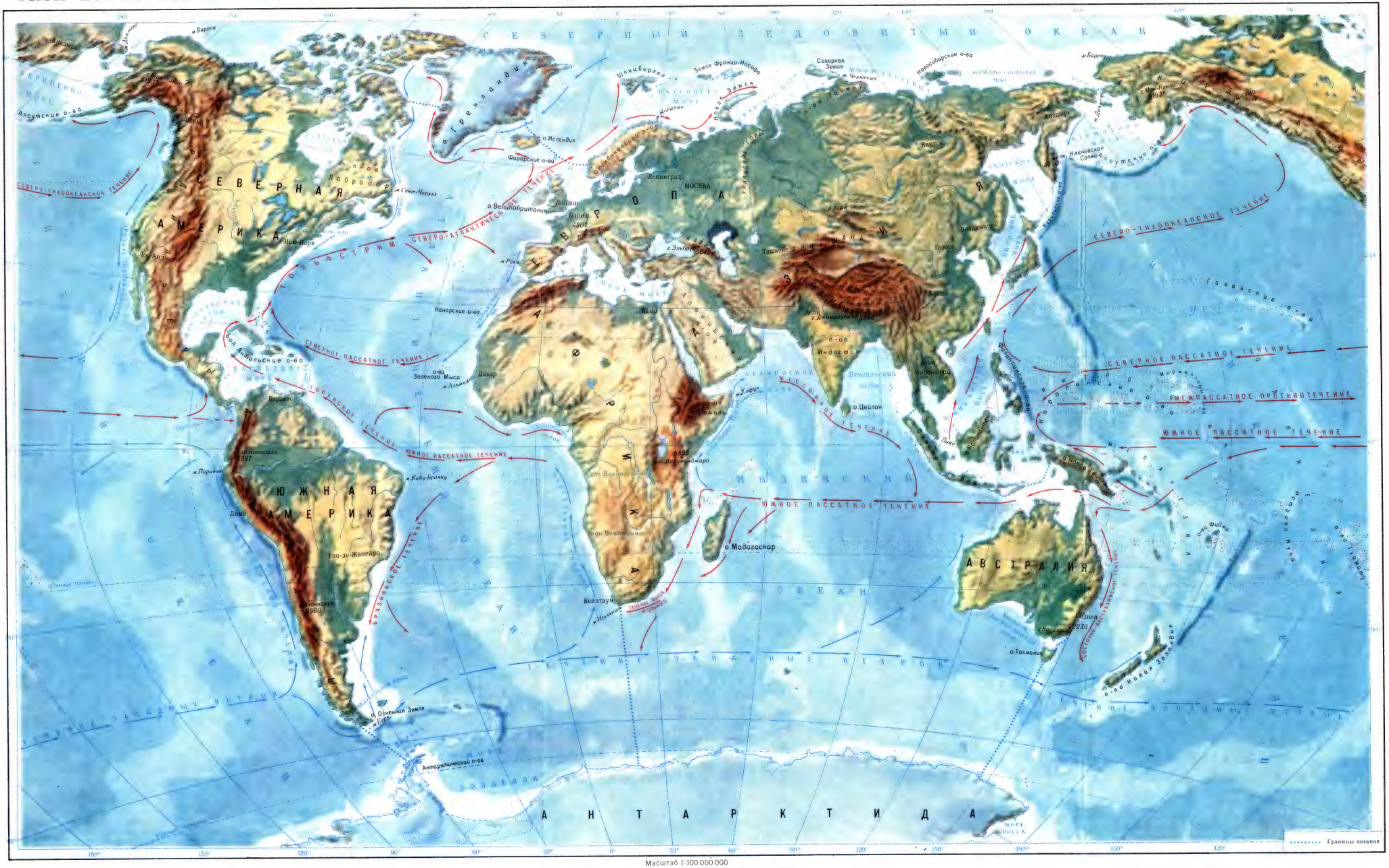
Кроме основных карт составляют специальные прогнозные геологические карты. На них наносят все, даже самые мелкие находки полезных ископаемых, а также различные косвенные данные, которые могут подсказать места скопления рудных богатств.

Анализируя прогнозную карту, геологи намечают наиболее перспективные для поисков руд районы, в которые направляются экспедиции.

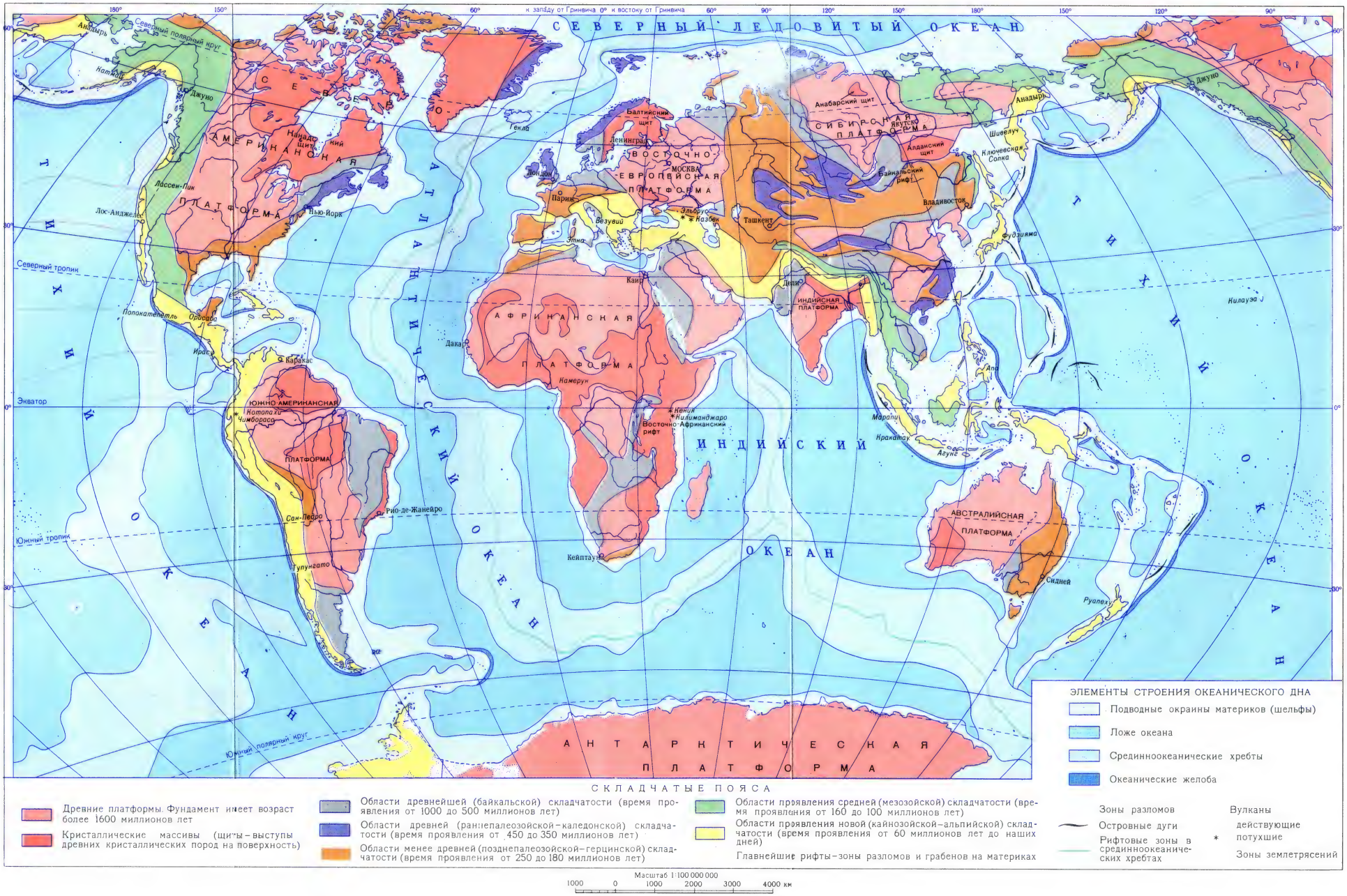
Геологическая карта — верный и надежный помощник геолога-поисковика. С геологической картой в руках он уверенно идет по маршруту, потому что знает, где можно встретить не только интересующие его породы, но и полезные ископаемые. Вот, например, как геологическая карта помогла в поисках алмазных месторождений в Сибири. Геологам было известно, что в Якутии встречаются такие же изверженные горные породы, как и алмазоносные породы Южной Африки — кимберлиты. Разведчики недр сделали вывод, что и в Якутии можно найти алмазы. Но где искать крохотные алмазы в непроходимой тайге? Задача казалась фантастической. И тут на помощь пришла геологическая карта. По ней установили, в каких районах тайги находятся породы, в которых или возле которых могут быть найдены алмазы. Геологи настойчиво искали алмазы в этих районах — и наконец нашли их.

Полезные ископаемые трудно искать не только в тайге, не легки их поиски и в степи, где видны лишь ковыль да распаханная целина. А что под ними? Кто знает? Так выглядит степь и в Западном Казахстане, в районе г. Актюбинска. Теперь геологам известно, что здесь под степными землями залегает огромный массив ультраосновных пород. По редким балкам и логам, немногочисленным естественным обнажениям они выяснили, где находятся дуниты — разновидности ультраосновных пород, в которых обычно залегают месторождения хромитовых руд, установили и нанесли на карту границы и форму их массивов.

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТА МИРА



Тектоническая карта мира



По карте геолог определяет, в каком месте вероятнее всего находится руда. Но и с картой в руках геологу-поисковику бывает трудно искать месторождения, если они полностью закрыты почвенным слоем, скрыты под таежной чащобой или толщей вод. Кроме того, далеко не в каждом обнаруженном массиве известняков залегают свинцово-цинковые руды или в ультраосновных породах — хромиты. На помощь приходят *поисковые признаки*, накопленные многими поколениями разведчиков недр или установленные наукой.

Поисковые признаки

Отправляясь на поиск, геолог обращает внимание на все: на формы рельефа, на характер растительности, на изменение цвета почвы и на многое другое. Он должен хорошо знать признаки, помогающие отыскивать конкретное полезное ископаемое, которое, судя по геологической карте, должно быть в данном районе. Иногда одни минералы помогают найти месторождения других, более ценных, как это было в Якутии, где алмазы искали по сопутствующим им ярко-красным пиропам или гранатам. В районах многих рудных месторождений нередко изменяется окраска горных пород под воздействием горячих минерализованных растворов, которые циркулируют по трещинам в земной коре. Эти растворы одни минералы растворяют, а другие отлагают, и цвет породы изменяется. Многие рудные тела при выветривании также изменяют свои обычные серые, коричневые и другие малоприметные окраски. Так, сернистые руды железа, меди, свинца, цинка, мышьяка становятся ярко-желтого, красного, зеленого, синего цвета.

Нередко химические соединения различных элементов приобретают один и тот же цвет. Поэтому для точного определения минерала геологи прибегают к химическому анализу. Например, найден кусок рыхлой породы, в которой виден какой-то красный порошок. Что это — минерал ртути киноварь или окисленное железо? Они могут быть похожи по цвету. Определяя на глаз, можно ошибиться; правильный ответ дает химический анализ.

Поисковик знает, как важны даже незначительные находки рудных минералов. Ведь они указывают на возможную близость месторождений и могут подсказать, где нужно тщательнее проводить поиск.

С особым вниманием поисковик относится к древним выработкам, в которых наши предки несколько столетий назад добывали руду. Здесь на глубине, куда они не могли проникнуть, или поблизости от старых штолен можно встретить новые месторождения руд. О местах их залегания порой говорят старые названия поселений, речек, логов, гор. В Средней Азии, например, в названия многих гор, логов и перевалов входит слово «кан», что значит руда. Бывали случаи, когда геологи в таких местах начинали поиски руд и находили их.

В поисках месторождений помогают даже животные. Первые якутские алмазы «помогла» найти лиса. Роя нору, она выбрасывала вместе с землей мелкие камешки. Среди них и оказался ярко-красный пироп, который образуется и залегает вместе с алмазом. Поэтому в местах, закрытых слоем почвы, геологи внимательно осматривают камешки, которые выбрасывают из своих нор суслики, лисы и другие животные.

Выявлять поисковые признаки помогают различные геологические либо применяемые все в больших масштабах специальные геохимические и геофизические методы. Они основаны на изучении магнитных свойств горных пород, скорости прохождения сейсмических волн, электропроводности и других физических свойств, а также на знании структур, в которых скапливаются полезные ископаемые. Геофизические поисковые работы проводятся с помощью сложных приборов. На практике обычно сочетают все методы поисков, изменяя эти сочетания для различных пород и полезных ископаемых, а также в зависимости от географических условий района поисков.

Геологические методы поисков

Представьте себе, что геологи ведут поиск в глухой, дремучей тайге Восточной Сибири. Здесь горные породы закрыты почвенным слоем и густой растительностью. Но дождь, снег, ветер и солнце постоянно и неутомимо разрушают горные породы, даже такие крепкие, как гранит.

Вместе с горными породами разрушаются и залегающие в них руды. Кусочки руды сносятся в реку и перемещаются по ее дну на большие расстояния. Поэтому геолог при поисках руд просматривает камешки, которые лежат в русле или на берегу горной речки. Если он находит рудные обломки, то

Раньше геолог, отправляясь на поиски месторождений, был вооружен лишь компасом и молотком.

Теперь он пользуется сложнейшими машинами и приборами. В труднодоступные районы геологов доставляет вертолет или вездеход.

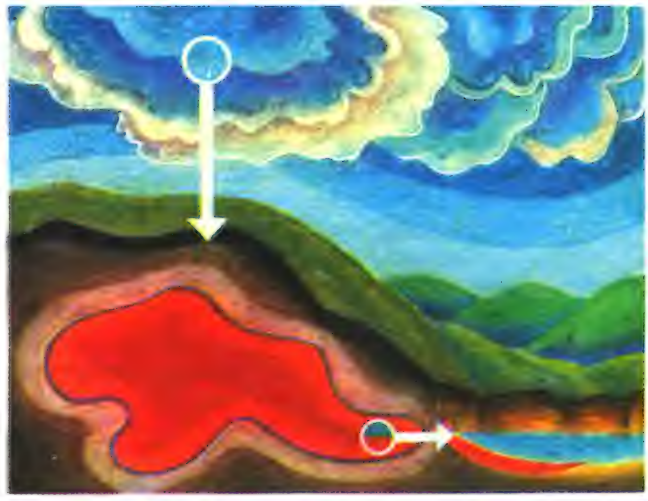
идет вверх по руслу реки — туда, откуда они принесены. Если эти обломки уже не встречаются в русле речки, то геолог продолжает маршрут по ее притокам, выясняя, в каком из них есть кусочки руды. Наконец, и в русле притока рудные обломки уже не попадаются. Значит, дальше надо искать на склонах гор, поднимающихся над руслом речки, на участке, где найдены последние рудные обломки.

Так по обломкам руды, встречающимся в руслах рек и ее притоках, геолог находит месторождение; этот метод поисков называют *обломочно-речным*. Он применяется в том случае, когда в русле речки и на склонах гор попадаются обломки в виде более или менее крупных кусочков. Если же зернышки руды, перемещаясь в русле речек, истираются и становятся не больше булавочной головки, то геолог использует *шлиховой метод*. Он берет пробу рыхлой породы из русла речки и в похожем на маленькое корыто лотке промывает ее водой до тех пор, пока все легкие минералы не будут смыты и на дне останутся только крупинки самых тяжелых минералов. Среди них могут быть золото, платина, минералы олова, вольфрама и других элементов. Такая работа называется *промывкой шлихов*. Продвигаясь вверх по руслу речки и промывая шлихи, геолог постепенно приближается к месторождению полезных ископаемых. Оно иногда выходит на поверхность на небольшой площади, окруженной кустарниками и другой растительностью, и его можно не заметить. Однако рассеянные на большом расстоянии рудные обломки помогают геологу найти руду.

По территории северных стран, таких, как Канада, Швеция, Норвегия, Финляндия, а также некоторых районов Советского Союза в ледниковый период с севера на юг передвигались большие массы льдов — ледники. Они надробили и переместили много обломков горных пород, окатали их и отложили на всем пути своего движения. В обломках этих пород — валунах — находят и включения руд, но искать месторождения по валунам нелегко. Кто ездил поездом от Ленинграда до Мурманска и далее на запад, до самой границы, тот видел, что на всем пути разбросано огромное количество окатанных валунов. Все их осматривать невозможно, да нет и смысла. Но попутно обращать внимание на них следует. Может быть, в одном из валунов блеснет ярко-желтое зернышко золота или засверкают антрацитовым блеском минералы хрома, титана или других минералов. Геологи изучают пути движения древних, давно растаявших ледников, идут туда, откуда перемещались валуны с рудой, и находят рудные месторождения. Так, в Карелии геологи обнаружили серноколчеданные и молибденовое месторождения.

Тысячелетия бьются волны морского прибоя о каменные берега, разрушая их. Куски пород перетираются до мельчайших частичек и уносятся в море, а если в породе находятся крепкие тяжелые руды, то они дробятся, но оседают у берега и, накапливаясь, образуют месторождения. В морских россыпях могут быть минералы хрома, титана, олова, циркония и др. Иногда встречаются алмазные россыпи. Алмаз — самый твердый минерал, он мало истирается и разрушается в зоне прибоя. Что-

Вода проникает по трещинам в рудное тело и выносит из него на поверхность химические соединения металлов. Это позволяет искать месторождения по анализу воды.



бы обнаружить россыпь, геологи берут в прибрежной зоне через определенные расстояния пробы грунта. После лабораторных исследований они выясняют, в каких пробах есть ценные минералы и сколько их.

Методы поисков, о которых здесь было рассказано, можно применять, если руда химически устойчива, имеет значительную прочность или если она заключена в кусках крепких пород. А что делать, если минералы мягкие и, как только попадают в бурную горную речку, сразу же растираются в порошок? Таких, например, длинных путешествий, какие проделывает золото, не выдерживают минералы меди, свинца, цинка, ртути, сурьмы. Они не только превращаются в порошок, но и частично окисляются и растворяются в воде. Понятно, что геологу тут поможет не шлиховой, а другой метод.

Геохимические и биогеохимические методы поисков

После дождей и таяния снега часть воды проникает в глубь Земли. Если на своем пути вода проходит по трещинам рудного тела, она частично растворяет химические соединения меди, цинка, никеля, молибдена и других металлов, нередко вынося их на поверхность. Если сделать химический анализ такой воды, можно определить присутствие в ней тех или иных металлов и их концентрацию. Высокая концентрация вещества в растворе может означать, что источник находится вблизи месторождения полезного ископаемого.

Геохимический метод поиска помогает и в тех случаях, когда кажется, что найти месторождение невозможно. Представьте себе безводные равнины Казахстана, где на поверхности нет никаких признаков руды. Здесь геологи проходят параллельными маршрутами и берут через 50, 100 или 200 м куски пород. Набирают образцов очень много и затем делают их химический анализ. Состав образцов определяют также более быстрым, но менее точным методом *спектрального анализа*, при этом исследуемый минерал растирают в порошок и сжигают в пламени вольтовой дуги особого прибора — *спектрографа*. Свет от пламени вольтовой дуги проходит через стеклянную призму и разлагается, образуя спектр. Далее световые лучи попадают на стеклянную пластинку и фотографируются на ней. В зависимости от того, в каком месте и какой ширины на пластинке получаются линии спектра, определяют, какие химические элементы и сколько их находится в исследуемой пробе. Так узнают, в каком месте в породах содержится больше металлов.

Геохимический метод поможет и в том случае, когда на глаз и даже в микроскоп рудные частицы не видны. Содержатся они в породе в очень малых количествах — обычно в тысячных долях процента.

Ученые установили, что вокруг рудных месторождений в горных породах рассеяно рудное вещество, количество которого уменьшается по мере удаления от месторождений. Такое распределение рудного вещества вокруг месторождения называется *ореолом рассеяния*.

Допустим, с помощью анализов удалось установить, что в породах всюду содержится 0,001% металла, а на одном каком-то участке его 0,002%. Естественно, руду нужно искать на участке с повышенным содержанием металла.

От глубоко залегающих месторождений угля, нефти и природных газов по трещинам к поверхности Земли поднимаются углеводородные газовые соединения, которые накапливаются в почвенном слое. Газы образуются и над месторождениями некоторых металлов. Например, над ртутными минералами концентрируются ртутные газы, а над урановыми рудами — газ радон. Месторождения как бы дышат, и следы их дыхания — газы — собираются в почве.

Геологи специальными приборами откачивают воздух из почв и производят анализ пробы, определяя, есть ли здесь газы, каковы их состав и концентрация. Затем геологи наносят на карту места, где взяты пробы, содержание в них газов и выясняют, на какой территории в почвенном слое содержится газ. Это метод *газовой съемки*.

Корни многих трав и особенно корни деревьев глубоко проникают в почву, откуда высасывают воду. Растения впитывают воду вместе с растворенными в ней минеральными веществами. Поэтому геологи собирают травы, листья, кору деревьев, высушивают собранный материал, а потом сжигают его. Получается зола, в которой содержатся минеральные вещества. С помощью химических или других анализов узнают, какие вещества содержатся в золе и сколько их. Когда сделают все анализы (а их нужно очень много!), то выяснится, в каких местах растения получают с водой больше минеральных веществ и где под слоем почвы нужно искать руду.

Кроме того, некоторые растения предпочитают почву с определенными химическими элементами. Так, на Алтае и в Казахстане встречается растение качим патреца. Оказывается, оно растет на почвах, обогащенных медью. Для обогащенных цинком почв характерны растения «цинковые» фиалки. Два вида астрагала (травы и кустарники из семейства бобовых) и один вид лебеды растут на почвах, содержащих уран. И наоборот, определенные виды растений над месторождениями не растут, хотя в этом районе они и распространены. Например, в дубравах Заволжья над месторождениями серы нет деревьев. В Трансваале (Южная Африка) над платиноносными перидотитами растительность вообще отсутствует или встречаются только малорослые, как говорят ботаники, угнетенные, формы. Растения, по которым можно судить о повышенной концентрации каких-то веществ, называют *индикаторами*. Их изучением занимается индикационная геоботаника.

Геофизические методы поисков

Кажется, что физика и геология довольно далекие друг от друга науки. Но если бы геологам не помогала физика, то не были бы открыты многие месторождения железа, нефти, меди и других полезных ископаемых. Молодая наука — *геофизика* — изучает физические свойства Земли и физические процессы, происходящие в ней.

С помощью геофизических приборов невидимое становится видимым. Например, сердце человека нельзя увидеть простым глазом, а с помощью рентгеновского аппарата это сделать очень просто. Так же и в геологии: то, что под землей не увидит глаз, «увидят» сложные геофизические приборы. Эти приборы отмечают различие в магнитных, электрических и других свойствах горных пород и руд.

Магнитометрический метод поисков. Вы знаете, что вокруг магнита всегда есть невидимое магнитное поле. Если стрелка компаса отклоняется от обычного положения, то можно предположить, что здесь в глубине Земли есть залежи железных руд, которые ее притягивают. И с какой бы стороны мы ни подходили с компасом, стрелка будет направляться на рудную залежь. Так же ведет себя и магнитная стрелка аэромагнитометра, установленного на самолете, пролетающем вблизи залежи.

Интересна история открытия магнитных железных руд в Казахстане летчиком М. Сургутановым. В один из рейсов он обнаружил, что компас перестал правильно показывать направление: магнитная стрелка начала «плясать». Сургутанов предположил, что это связано с магнитной аномалией. В следующие рейсы, пролетая над районом аномалии, он отмечал на карте места максимальных отклонений стрелки компаса. О своих наблюдениях летчик сообщил в местное геологическое управление, экспедиция которого заложила скважины и вскрыла на глубине нескольких десятков метров мощную залежь железных руд — Соколовское месторождение. Затем была вскрыта вторая залежь — Сарбайская.

По отклонению магнитной стрелки от обычного положения были найдены крупнейшие запасы железных руд в районе Курска и некоторых других местах. Если руды немного или она залегает на большой глубине, то обычная магнитная стрелка ее не «почувствует»; в таких случаях применяют другие, более тонкие и сложные физические приборы.

На горнообогатительном комбинате.

Но сильными магнитными свойствами обладают только железные руды. Многочисленные полезные ископаемые немагнитны, и для их поисков метод магниторазведки непригоден.

Гравиметрический метод поисков. Этот метод получил название от латинского слова «гравитас» — тяжесть. Гравиметрия — наука, изучающая изменение ускорения силы тяжести в различных точках Земли.

Сила тяготения действует на Земле всюду, но величина ее неодинакова. Чем тяжелее предмет, тем сильнее он к себе притягивает. В глубине Земли и в горах находятся породы и руды, которые сильно различаются по своей плотности. Например, кусок свинцовой руды в полтора-два раза тяжелее, чем вес такого же по объему куска гранита или мрамора. Следовательно, руда притягивает к себе сильнее, чем залегающая рядом с ней порода. А соль или гипс имеют значительно меньшую плотность, поэтому над залежами солей величина силы притяжения будет меньше. Можно искать месторождения по изменению величины силы притяжения. Для этого создан специальный прибор, который определяет силу тяготения. Его называют *гравитационным вариометром.* Он состоит из коромысла, подвешенного на тонкой кварцевой нити. На концах коромысла находятся два шарика — один закрепляется непосредственно на одном конце коромысла, а другой — на длинной нити. Когда прибор находится вблизи тяжелой массы, например рудной залежи, то шарик, подвешенный на нити, притягивается к залежи, поворачивает коромысло, а вместе с ним и кварцевую нить, на которой подвешено коромысло. Зная, в каком направлении и насколько повернется коромысло, можно определить, в каком месте находится залежь и велика ли она.

Следует заметить, что подобным путем измеряется не абсолютная величина ускорения силы тяжести, а только относительная — выясняется, насколько изменяются показания гравитационного вариометра в двух соседних пунктах. Перемещая прибор по поверхности земли и производя измерения в различных участках, можно с достаточной точностью определить положение и форму рудной залежи.

Подземные залежи тяжелых руд и горных пород, обладающих повышенной плотностью, могут быть найдены и с помощью специального, очень чувствительного маятника, который вблизи тяжелых масс начинает качаться быстрее.

Гравитационные вариометры, идею устройства которых предложил 200 лет назад М. В. Ломоносов, в наше время широко применяются при поисках руд. Гравиметрическим способом открыто уже много рудных залежей.

А что делать, если полезные ископаемые не тяжелее горных пород или руды так мало, что ее не может обнаружить гравитационный вариометр, и если руда немагнитная? Тогда геологи ищут месторождения с помощью электрического тока.

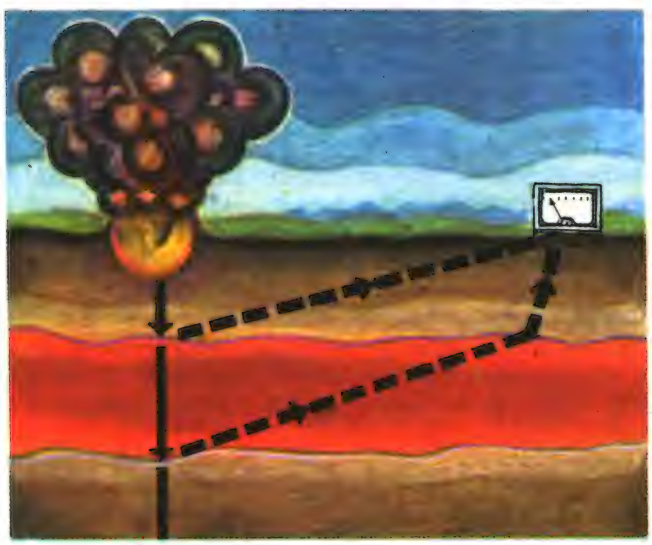
Электрометрический метод поисков. Многие руды хорошо проводят электричество. Это их свойство используется при поисках месторождений. Там, где по соображениям геологов на глубине находится рудное тело, проводят разведку электрическим током. Для этого в землю забивают два железных кола, расположенных один от другого на расстоянии 30—50 м. От них идут провода к измерительному прибору. Электрический ток течет от батареи к одному из кольев, далее проходит через землю и доходит до другого колышка, а от него по проводу возвращается к прибору. Из физики мы знаем, что чем больше сопротивление вещества, тем меньше сила тока. Проводя исследования в разных местах и отмечая показания прибора, можно определить, что на одном из участков сила тока меньше, следовательно, здесь залегают граниты, мраморы, глины, пески, т. е. породы с большим сопротивлением, а на другом участке сила тока оказалась большей, поэтому возможно, что ток прошел через руду, сопротивление которой меньше. В этих местах можно вести поиски руды.

Если грунтовые воды с растворенными в них слабыми кислотами соприкасаются с рудой, то возникают естественные электрические токи. Измеряя силу этих токов в горных породах, окружающих рудную залежь, определяют положение залежи.

Но есть руды, которые не проводят электричество, не обладают и магнитными свойствами. Как искать эти руды? И в этом случае геофизики помогают геологам.

Сейсмометрический метод поисков. Солнечные лучи просвечивают воду насквозь. А можно ли «про-

Залежь железных руд притягивает магнитную стрелку. По отклонению магнитной стрелки от обычного положения были найдены крупнейшие запасы железных руд в районе Курска и других местах.
На нижнем рисунке — схема сейсмической разведки.



светить» насквозь землю и получить отражение от пород, находящихся на различных глубинах? Оказывается, можно с помощью искусственных землетрясений. Этот способ основан на том, что сейсмические волны с разной скоростью проходят через породы различной плотности.

От места взрыва сейсмические волны идут через горные породы вглубь до тех пор, пока не встретят более плотные породы иного состава, при этом часть волн, преломившись, пойдет дальше вглубь, а часть отразится от границы этих пород и придет на поверхность земли. Возвратившиеся волны улавливаются приборами — *сейсмографами*.

Геофизики определяют, сколько времени шли эти волны, а затем вычисляют, на какой глубине и от пород какой плотности они отразились. Позже на поверхность возвращаются волны, отразившиеся от более глубоких слоев. Определяют и глубину их проникновения.

Так получают сейсмограмму — запись показаний сейсмографов. По ней узнают, на какой глубине залегают какие породы и лежат они горизонтально или образуют складки.

Сейсмометрический метод — практически основной метод поисковой геофизики. С его помощью открыты почти все новые месторождения нефти и некоторые месторождения других полезных ископаемых.

Радиометрический метод поисков. Для поисков радиоактивных руд применяют особый метод, потому что у этих руд есть присущие только им свойства: они постоянно излучают очень активные гамма-лучи.

Ученые создали сложные приборы — *радиометры*, которые «чувствуют» удары этих частиц и дают о них сигналы: на приборах зажигаются лампочки, отклоняется стрелка или раздается звуковой сигнал.

Радиоактивные элементы, такие, как радий, торий, калий, могут присутствовать в рассеянном состоянии в некоторых породах, содержащих руду. Геологи с помощью приборов выявляют площади с повышенной радиоактивностью и места, где она не наблюдается; эти данные наносят на карту и определяют местоположение различных радиоактивных пород. Геологи, пролетая на самолете над районами поисков, с помощью приборов определили участки повышенной радиоактивности и находящиеся вместе с ними оловорудные месторождения.

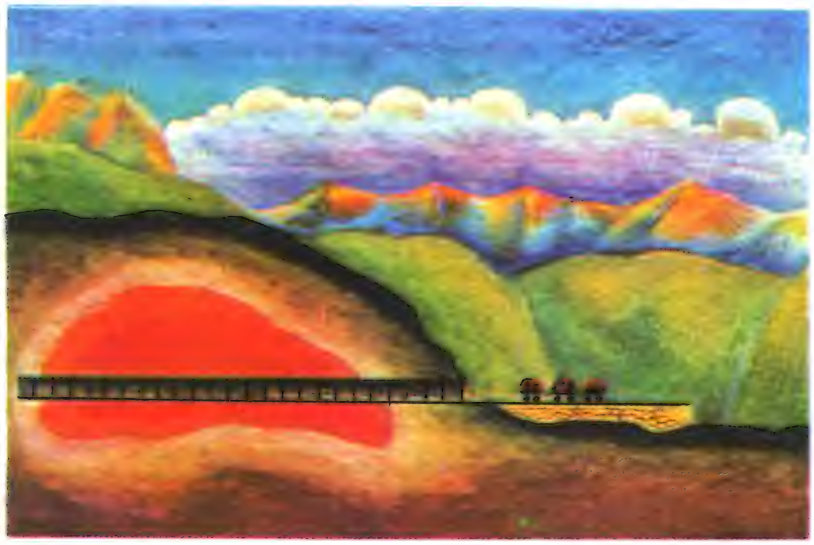
Разведка месторождений

В районах, где геологи-поисковики обнаружили существенные признаки полезных ископаемых, проводят поисково-разведочные работы. Сеть маршрутов сгущается, роют канавы, закладываются шурфы и другие разведочные горные выработки.

Если поисково-разведочные работы подтвердили наличие в районе больших скоплений полезных ископаемых, начинается следующий этап работы — *разведка*. Поиски и разведка тесно связаны между

Схема электроразведки: 1, 2, 3 — электроды. Через крайние электроды ток проникает в землю. Электроды в середине ведут к измерительному прибору.

На нижнем рисунке — штольня пересекает рудное тело.



Шахта.

собой, и один вид работ является по существу продолжением и дополнением другого.

Разведка необходима, чтобы выяснить, достаточно ли велики залежи полезного ископаемого для организации добычи. Нужно установить форму и размеры рудных тел, содержание в них полезных ископаемых и на какой глубине залегает то или иное рудное тело.

Разведочные работы позволяют получить в большом количестве образцы руд или пробы из различных частей рудного тела. По ним геолог определяет, из каких полезных ископаемых состоит руда, имеются ли нежелательные примеси. Зная объем рудной залежи и содержание в ней металла, выявленного путем химического анализа, определяют запасы месторождений.

Разведочные работы начинаются с составления подробной геологической карты месторождения. Затем проводятся горные работы и бурение разведочных скважин.

Если рудные тела находятся вблизи поверхности и закрыты лишь почвенным слоем, то роют на определенном расстоянии одна от другой канавы глубиной 1—2 м, но если рудная залежь закрыта наносами, мощность которых 5—10 и более метров, то ко-

пают похожие на колодцы шурфы. Стенки их укрепляют деревянными брусьями и досками, чтобы рыхлые породы не завалили выработку и людей. Шурфы располагаются в строгом порядке на определенном расстоянии один от другого, таким образом, чтобы все рудное тело было вскрыто.

Если рудные скопления расположены в горном хребте или в горе с крутыми склонами, то месторождение вскрывают горизонтальной горной выработкой — *штольней* (похожей на тоннель), которая проходит внутрь горы со стороны ее крутого склона до тех пор, пока не пересечет рудное тело. Затем из штольни через равные промежутки в рудном теле поперек его от одного конца до другого пробиваются другие выработки.

В результате все месторождение оказывается пересеченным насквозь сетью подземных горных выработок. Благодаря этому выясняется форма рудного тела.

В равнинной местности рудные тела могут залегать на глубине 100—200 и более метров. В этих случаях для добычи полезных ископаемых пробивают шахты. В них для спуска людей и подъема руды устраивают специальные лифты — клети. В шахтах на разных уровнях через определенные расстояния пробивают горизонтальные горные выработки в сторону рудного тела. От них, как и от штолен, примерно через равные промежутки проходят мелкие выработки, пересекающие насквозь рудное тело.

Для разведки рудных залежей широко применяется бурение скважин. Производится оно специальной (колонковой) трубой с алмазной коронкой, которая, вращаясь, постепенно высверливает твердую породу. В трубе остается столбик породы — *керн*. По нему узнают, какие породы залегают в глубине и где расположено рудное тело. Бурение колонковой трубой обычно производится на глубины в сотни, а иногда свыше 1000 м. При разведке нефтяных залежей приходится иногда бурить скважины глубиной свыше 3 км.

С помощью бурения можно быстро разведать рудную залежь. Но не всегда бывает достаточно тонкого рудного столбика (керна), чтобы уверенно судить о распространении и качестве руды. Горные работы дают значительно более полные сведения о месторождении.

Часто скважины бурят возле известных месторождений, чтобы найти новые рудные тела. Как правило, на одном участке группируются несколько рудных тел. Не напрасно еще древние рудокопы говорили: «Ищи руду возле руды», т. е. новое рудное тело ищи возле уже найденного.

Под действием силы тяжести

Это было 3 (16) апреля 1894 г. в Крыму. В сумерки стада вернулись с гор в деревню, и чабаны закрыли за ними скрипучие плетеные ворота. Стемнело. Утихло блеяние овец и мычание буйволов. Наступила глубокая ночь. Лишь далеко-далеко внизу видны были еще огни Алушты да кое-где вспыхивали в море фонари рыбачьих шаланд. И вдруг неслыханный гром, грохот, треск и густейшая пыль. Масса каменных глыб низвергается с неба. Крики, лай, визг. На рассвете оказалось, что половина деревни исчезла. На ее месте было нагромождение скал. Несколько чудом спасшихся людей ничего не могли рассказать. А гора Демерджи (Железная) нет-нет, да и загрохочет от вновь падающих скал и глыб. И тяжелое облако пыли повиснет на ее склоне, пока утренний бриз не отгонит его в сторону. Но что это? Гора ведь совсем не та! Она осела, а за нею возникла невиданная раньше каменная стена в сотни метров высотой. Тут появился огромный лысый растресканный бугор, здесь и там глубокие ямы, куда сгрудились фруктовые деревья. А вот какая-то земляная лестница с двух-трехметровыми ступенями.

Какие же силы породили эту катастрофу и так изуродовали землю? Оказалось, действовала самая обычная сила тяготения, или гравитация, а ей помогла невидимая, тихая вода. Гора была сложена из известняков, разбитых трещинами. Дождевые и талые воды по этим трещинам просачивались вниз до лежащих под известняками черных и коричневых глинистых сланцев, тех самых, что слагают весь Южный берег Крыма. Но сланцы непроницаемы для воды и на их поверхности вода задерживается; они постепенно размокают и становятся скользкими. На поверхности сланцев трещиноватым известнякам трудно удержаться, и они сами начинают понемногу оседать, скользить. Много лет здесь ползли лишь склоны, занятые фруктовыми садами и виноградниками. Они двигались медленно, привычно, почти не причиняя вреда. Однако и капля камень точит, а здесь и гору подкосила. В ту страшную апрельскую ночь край горы не выдержал своей тяжести и по трещинам рухнул вниз, соскользнув метров на 300 и образовав гигантскую ступень. Часть горы рассыпалась на глыбы и щебень, засыпавшие деревню.

Это был лишь один из обычных «вздохов» Земли. За многие миллионы лет ее жизни такие вздохи повторяются не ежечасно, а ежеминутно.

Поверхность Земли

Главные черты рельефа Земли

Каждый из нас наблюдал в природе, как вода размывает почву, роя рытвину или овраг, как ветер гонит сыпучий песок, как срывается со склона каменная лавина или разрушает берег морская волна. К таким небольшим изменениям рельефа привыкли. Но наиболее крупные формы рельефа Земли — ее континенты, обширные равнины, грандиозные горные цепи и глубоководные океанические впадины — представляются нам чем-то незыблемым, прочным и устойчивым. Однако весь рельеф Земли постоянно изменяется, хотя и очень медленно.

Борьба внутренних и внешних сил

Наиболее мощные изменения рельефа связаны с деятельностью глубинных сил Земли, которые проявляются в форме вулканических извержений или разрушительных землетрясений. Извержения и землетрясения сопровождаются обвалами, оползнями, образованием трещин, уступов и т. д. Это доказывает, что планета наша продолжает свое развитие и в ее недрах не затухают процессы, создавшие основные черты лика Земли.

Изучая эти процессы с помощью разнообразных точных приборов, ученые установили, что Земля полна движений, обусловленных *внутренними, эндогенными, силами*. Одни движения — их называют тектоническими — быстрые, другие — медленные, вековые, например опускание побережий Голландии, Дании и Скандинавии или постепенный рост вершин гор и углубление океанов и морей.

Внутренним силам на поверхности Земли противостоят *внешние*, или *экзогенные, процессы*, постоянно изменяющие рельеф суши. Так, стекающие по склонам струйки дождевой воды постепенно сносят с поверхности тончайшие частицы почвы. Собираясь в ручьи, водные потоки прорезают склоны глубокими промоинами и оврагами. Вода подхватывает в горах обломочный материал, переносит его в виде ила, песка или гравия и откладывает в речных долинах, озерах и морях.

Ветер подхватывает сухие песчинки, переносит их в другие места, засыпая на своем пути постройки, растительность, возделанные поля.

Постоянно движутся ледники в горах, разрушая целые скалы. Захватывая на своем пути каменные глыбы, ледники дробят их, переносят и откладывают в виде больших скоплений валунов, гравия и глины — так называемых морен. Конечно, все эти

Таким мы видим высокогорный рельеф Земли из космоса.

Облик рельефа Земли определяется различным взаимодействием эндогенных (внутренних) и экзогенных (внешних) процессов. От них зависит расчленение поверхности суши на равнины, холмы, горы, плоскогорья, впадины и т. д.

силы кажутся слабее глубинных, или тектонических. Но, действуя длительное время, экзогенные силы постепенно могут разрушить горные хребты, засыпать глубокие впадины, а также образовать так называемые скульптурные формы рельефа.

Облик рельефа в различных районах Земли определяется различным взаимодействием эндогенных и экзогенных процессов. От этих процессов зависит расчленение поверхности суши на острова, полуострова, равнины, холмы, горы, плоскогорья, впадины и пр. Образование же крупнейших форм рельефа планеты, таких, как материки, океаны, срединно-океанические хребты, связано, по мнению ученых, также и с силами космического характера — с вращением Земли, лунно-солнечным притяжением и т. п.

Изучением происхождения и развития разнообразных форм рельефа Земли, его историей и прогнозом дальнейших изменений занимается *геоморфология* — наука, возникшая на стыке геологии и физической географии.

Рельеф земной поверхности, как суши, так и морского дна, состоит из совокупности форм разных размеров и различной сложности строения. Это и небольшие, в несколько метров, неровности, так называемые элементарные формы *микрорельефа*, и огромные материки, океанические впадины или целые системы срединных хребтов океанов. Между ними идет множество переходных форм *мезорельефа* — холмы, хребты, плато, речные долины, озерные впадины и т. д.

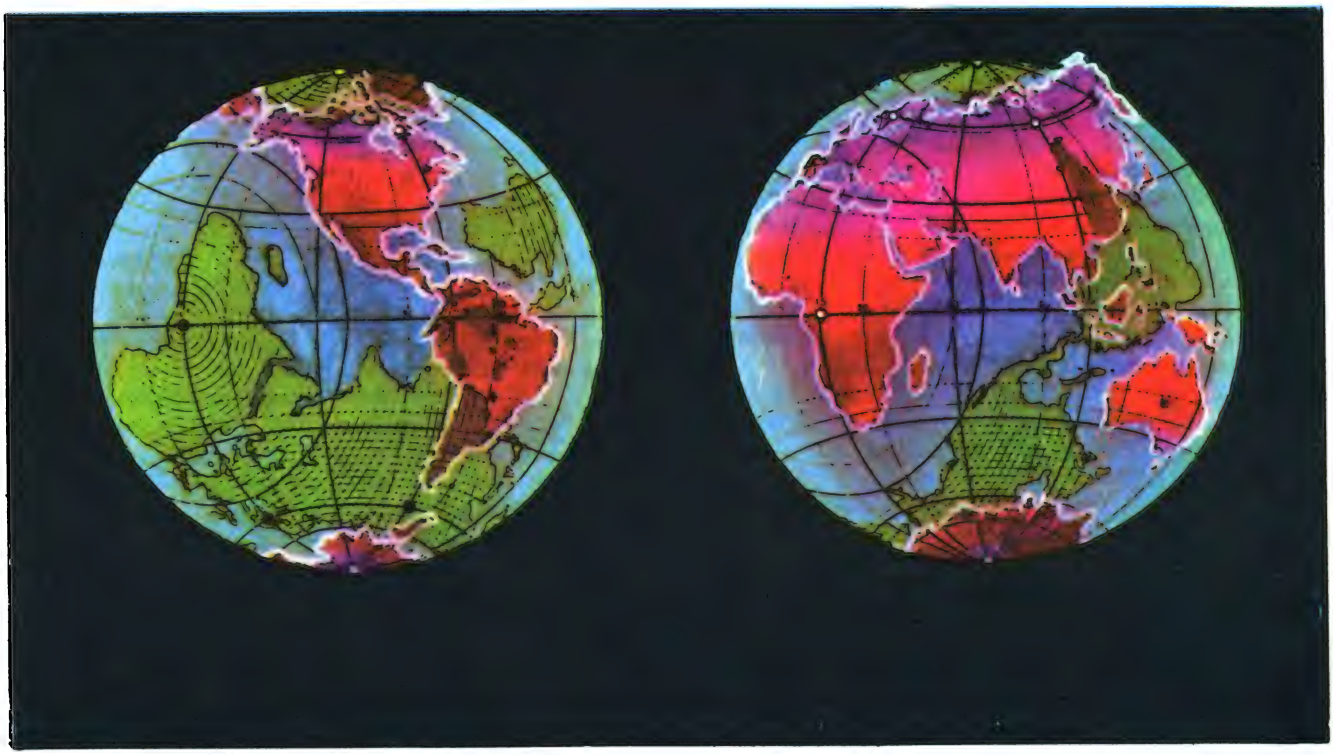
Для изображения рельефа поверхности Земли обычно используют топографические и гипсометрические карты. Однако, как мы уже знаем, сферическая поверхность Земли изображается на плоском листе бумаги с существенными искажениями. Поэтому крупные формы рельефа наиболее правильно отображаются на глобусе.

Для изучения крупных форм рельефа воспользуемся им и мы.

Основные черты рельефа земной поверхности

Наиболее характерная черта лика Земли — антиподальное, т. е. противостоящее, расположение океанических и материковых пространств. Антиподами материков на одной стороне глобуса служат океаны на противоположной его стороне, поэтому в 95 случаях из 100 один конец земного диаметра приходится на сушу, а другой — на океан. Посмотрите на глобус

Антиподальное расположение материков и океанов — самая характерная черта лика Земли. Действительно, пробуя мысленно проводить земные диаметры в различных направлениях, обнаруживаем, что если один конец диаметра попадает на материк, то другой — почти всегда в океан, и наоборот. Антиподами материкам служат океаны. Северному Ледовитому океану противостоит материк Антарктида, северным материкам — Южный океан, Австралии — Северная Атлантика, Индийский океан — антипод Северной Америки и т. д.



земного шара. Северному Ледовитому океану противостоит материк Антарктида, а Африка и Европа — антиподы Тихого океана. Северным материкам противостоит Южный океан, Австралии — Северная Атлантика, Северной Америке — Индийский океан. И только Южная Америка имеет своим антиподом сушу Юго-Восточной Азии.

Другая общая черта — это асимметрия структуры Северного и Южного полушарий. Глобус можно повернуть таким образом, что выявятся два его полушария: материковое и морское. В общем плане Северное полушарие выделяется как материковое, а Южное преимущественно океаническое. В обоих полушариях распределение воды и суши также подчиняется определенной закономерности: от 62° ю. ш. к северу до 62° с. ш. материковые массы возрастают, а океанические убывают; от Южного полюса до 62° ю. ш. и от 62° с. ш. к Северному полюсу океанические массы возрастают, а материковые убывают. Далее, в Западном полушарии, включающем и Тихий океан, преобладают водные пространства, в Восточном — суша. Эта противоположность связывается с общими особенностями фигуры Земли, которая представляет собой трехосный эллипсоид.

Характерно, что все материки имеют клиновидную форму и выклиниваются в поясе экватора, при этом крупные меридиональные горные сооружения на суше и в океане (срединно-океанические хребты) расположены симметрично относительно плоскости, проходящей через меридиан 15°—165°, т. е. плоскости большого радиуса экватора. Напротив, широтные горно-складчатые пояса асимметричны: они очень мощные в Северном полушарии и слабо развиты в Южном.

Меридиан малой оси земного эллипсоида (105°—75°) соответствует границе между океаническим и материковым полушариями. Перемещение центра земных масс к северу от экваториальной плоскости (материковое полушарие) должно вызвать увеличение полярного сжатия Южного полушария и уменьшение полярного сжатия Северного. Поэтому распределение силы тяжести в этих полушариях неодинаково. В наше время форма Земли уточняется по наблюдениям за движением искусственных спутников Земли.

Причины, определяющие основные черты строения рельефа нашей планеты, пока еще выяснены не до конца. Некоторые ученые предполагают, что главная роль в деформации фигуры Земли и создании самых крупных черт современного рельефа принадлежит так называемым приливам в твердой оболочке Земли, вызванным лунно-солнечным притя-

жением. По этой гипотезе главным следствием возникновения приливных деформаций явилось образование впадины Тихого океана и противостоящего ему материка Африка. Это были древнейшие неровности земной поверхности, образование которых послужило толчком к усложнению рельефа Земли.

Присмотритесь внимательнее к очертаниям отдельных континентов и сопоставьте противоположные берега разделяющих их океанов и морей. При этом можно подметить определенное сходство, особенно между берегами южной части Атлантического океана. В самом деле, контурам выступающей к востоку части континента Южной Америки (там, где расположена Бразилия) соответствуют очертания Гвинейского залива на западном побережье Африки. Как будто бы Южная Америка и Африка представляют собой две части единой суши, теперь разделенные океаном. Чем объяснить это сходство? Ученые высказали гипотезу о том, что легкие материки, сложенные в основном из кремнезема и алюминия, «плавают» в полупогруженном состоянии в базальтовой (состоящей из кремнезема и магния) коре. Автор такой гипотезы немецкий геофизик *А. Вегенер* писал, что впервые мысль о перемещении материков у него возникла именно при сопоставлении берегов Атлантического океана.

Но уже давно установлено, что соотношение суши и моря не постоянно — береговая линия моря на протяжении геологической истории все время изменяется, перемещается: то море наступает на сушу, то она освобождается от морских вод. При этом изменяются и очертания континентов. Кроме того, естественной границей материка служит не современная береговая линия, а край материковой отмели, продолжающей его под водой, т. е. шельфа, над которым и поднимается собственно материк. Правда, и контуры материковой отмели на противоположных берегах океанов также имеют большое сходство. Однако одного сходства и внешнего подобия в очертаниях материков недостаточно для создания общей теории, объясняющей закономерности формирования лика Земли.

С помощью гипсометрических карт можно подсчитать, как часто встречаются на земной поверхности различные глубины и высоты. Оказывается, на земном шаре наиболее распространены морские глубины от 4 до 6 км (39,8%), а на суше — высоты до 1 км (21,3%), при этом на долю суши приходится 29,2%, а на океаны — 70,8% поверхности земного шара. Если же к континентам присоединить тесно с ними связанные участки мелкого моря, или шельф, то они будут занимать 39,3% поверхности Земли, а моря и океаны — 60,7%.

Материки и океаны

Что же представляют собой современные материки и океаны — основные элементы рельефа земного шара? Это образования со сложной геологической структурой, сформировавшейся в результате длительного развития. Их особенности определяются прежде всего различиями строения внешней оболочки Земли, которая состоит из сравнительно легких горных пород (см. «Внутреннее строение Земли»). У самой поверхности залегает «чехол» осадочных пород: глин, песков, песчаников, известняков. Под ними — породы типа гранитов, а еще глубже — породы, близкие по свойствам к базальту. Все три слоя вместе и составляют земную кору. Различают два крайних типа земной коры: материковую — мощностью в 35—80 км, причем у нее хорошо развиты и «чехол» осадочных пород, и гранитный и базальтовый слои, и океаническую кору мощностью не более 5—10 км. Два верхних слоя у нее совершенно отсутствуют. Геологические границы материков шире, чем их современные физико-географические очертания, так как шельфы и часть материкового склона имеют континентальное строение земной коры. Данные геофизики позволяют говорить о том, что строение верхней мантии под материками и океанами тоже имеет свои отличия.

Образование материков и океанов — этих крупнейших элементов рельефа земного шара, как мы уже говорили, обусловлено тектоническими, космическими и планетарными процессами. Очевидно, материки и океаны наметились еще в догеологическую стадию развития Земли, но механизм их образования, особенно океанов, еще не выяснен, и в наше время по этому важному вопросу существуют самые различные гипотезы (см. ст. «Геологическая история Земли»).

В строении поверхности Земли огромную роль играют глубинные разломы, рассекающие всю земную кору и нередко уходящие в верхнюю мантию. От более мелких разломов, которые наблюдаются близ поверхности Земли, в пределах осадочной оболочки, их отличает не только огромная глубина, но и длительность развития: некоторые глубинные разломы существуют несколько периодов и даже эр, т. е. сотни миллионов лет. Такие разломы разделяют земную кору на отдельные глыбы, образуя как бы мозаику из блоков различной величины. Обычно эти блоки хорошо выражены в рельефе.

Нередко вдоль глубинных разломов вытянуты цепочки вулканов или по ним в земную кору внедря-

Гипсографическая кривая (А) показывает две главные ступени в рельефе Земли. Одна ступень отражает среднюю высоту суши — 875 м, это материковая ступень, сложенная более легкими породами; вторая ступень океаническая — глубина 3880 м (средняя глубина Мирового океана). Она сложена более тяжелыми породами.
Б — обобщенный профиль дна океана.

ются глубинные магматические породы. С глубинными разломами бывают связаны прямолинейные очертания континентов, а их склоны совпадают с зоной дробления земной коры. Особенно хорошо видны глубинные разломы на фотографиях, сделанных с космических кораблей.

Есть существенные различия в строении океанических побережий. Посмотрите на глобус: западные берега Тихого, Индийского и Атлантического океанов изрезаны речными долинами и расчленены сильнее, чем восточные, а там, где основные линейные структуры (горные хребты и тектонические разломы) совпадают с направлением берега, побережья изрезаны меньше. Очертания материков усложняются деятельностью крупных рек, отлагающих в прибрежной зоне огромное количество обломочного материала: за его счет местами наращивается суша.

Гипсографическая кривая

Главные особенности морфологии рельефа Земли помогает понять так называемая *гипсографическая кривая*. На ней отображены статистические подсчеты площадей определенных высотных ступеней, сделанные по гипсометрическим картам. На оси ординат показаны высота суши и глубина океанов, на оси абсцисс — площади соответствующих ступеней, встречающиеся на поверхности земного шара. Оказывается, большие высоты и глубины встречаются очень редко. Участки суши высотой более 5000 м занимают лишь 0,3% земной поверхности, а горы выше 2000 м — только 2%. Преобладают же среднегорья с высотами 1—2 тыс. м (5—6%), остальную площадь суши занимают равнины: низменные (0—200 м над уровнем моря), возвышенные (200—500 м над уровнем моря) и нагорные (свыше 500 м над уровнем моря). Особенно высоко поднимаются лишь отдельные вершины гор. Примером могут служить Джомолунгма (Эверест), достигающая 8848 м, и Чогори — 8611 м. В нашей стране — четыре семитысячника: пик Коммунизма (Памир) — 7495 м, пик Победы (Тянь-Шань) — 7439 м, пик Ленина — 7134 м и пик Корженевской — 7105 м (Памир). В океанах глубины свыше 6000 м встречаются лишь в обособленных впадинах — желобах. Самые глубокие впадины расположены в Тихом океане: Марианская — 11 022 м, Тонга — 10 882 м. В Атлантическом океане впадина Пуэрто-Рико достигает 8385 м, а в Индийском океане Яванская — 7450 м. Континенты понижаются очень постепенно, особенно в пределах шельфа, до глубины (изобаты) в 200 м, иногда шельф опускается до глубины 500—1000 м. Ширина шельфа в различных частях континентов тоже весьма различная: иногда он очень узкий, а местами (северное побережье Евразии) ширина его достигает многих сотен километров.

Между изобатами 200—2400 м (местами до 3500 м) глубины нарастают относительно быстро — здесь располагается континентальный склон, в пределах которого осуществляется геологический переход материков в океаны. В пределах континентального склона наблюдаются уступы, обрывы, каньоны и другие формы рельефа, свидетельствующие о том, что здесь находятся зоны дробления земной коры.

От подножия материкового склона глубины увеличиваются очень плавно — области с глубинами от 2500 до 6000 м занимают огромные площади.

В пределах океанов выявлены так называемые срединно-океанические хребты общей протяженностью более 60 тыс. км, что равно длине основных горных сооружений суши.

Гипсографическая кривая показывает две главные ступени в рельефе Земли. Одна со средней высотой 875 м отражает среднюю высоту суши; это материковая ступень, сложенная более легкими породами, с континентальным строением земной коры.

Эльбрус — самая высокая вершина Кавказского хребта (5633 м). Такие высокие горы (более 5000 м) занимают лишь 0,3% земной поверхности.

Другая поверхность лежит на глубине 3880 м (средняя глубина Мирового океана); это океаническая ступень, сложенная более тяжелыми породами, с океаническим строением земной коры.

Амплитуда рельефа Земли, т. е. превышение самых высоких гор над дном самых глубоких впадин, достигает почти 20 км. Вычисленный средний уровень земной коры располагается на глубине 3440 м.

Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности

Как мы уже знаем (см. ст. «Структура земной коры»), земная кора в пределах суши состоит из различных тектонических структур, более или менее обособленных друг от друга, отличающихся от смежных участков геологическим строением, составом, происхождением и возрастом горных пород. Каждой тектонической структуре свойственны определенная история движений земной коры, их режим, интенсивность, проявление вулканизма, накопления и другие особенности. Характер рельефа земной поверхности тесно связан с этими тектоническими структурами, с составом слагающих их горных пород. Поэтому главнейшие области Земли с однородным рельефом и близкой историей своего развития — так называемые *морфоструктурные области* — прямо отражают основные тектонические структурные элементы земной коры.

Тесно связаны с геологическими структурами и процессы на поверхности Земли, воздействующие на главные формы рельефа, созданные внутренними, т. е. эндогенными, процессами. А внешние, или экзогенные, процессы, усиливая или ослабляя действие эндогенных сил, вырабатывают скульптурные детали крупных форм рельефа. Эти детали крупных морфоструктур называются *морфоскульптурами*.

По характеру тектонических движений, их размаху и активности различают две группы геологических структур: устойчивые — *платформы* и подвижные — *орогенные пояса*. Они разнятся также строением земной коры, ее мощностью, историей геологического развития. Не одинаков у них и рельеф — это разные морфоструктуры.

Платформам свойственны разного типа равнинные территории с малыми амплитудами рельефа. Различают равнины низкие (Западно-Сибирская равнина, Русская равнина — 100—200 м абсолютной высоты, т. е. высоты над уровнем моря) и высокие (Средне-Сибирское плато, Африканская, Бразильская — 400—1000 м абсолютной высоты). Морфоструктуры платформенных равнин занимают более половины всей площади суши. Для них характерен сложный рельеф, формы которого образовались в ходе разрушения возвышенностей и переотложения материалов их разрушения. Обычно на больших пространствах равнин обнажаются одни и те же слои горных пород, что обусловливает и однородный, мало изменяющийся рельеф.

Среди платформенных равнин различают древние и молодые участки. Молодые платформы более

Речная долина в холмистой местности.

Долина в горах.

подвижны и могут прогибаться. Древние платформы отличаются жесткостью: они поднимаются или опускаются как единый большой блок. На долю таких платформ приходится четыре пятых поверхности всех равнин суши. Эндогенные процессы на равнинах проявляются в виде слабых вертикальных тектонических движений, общих для обширных площадей; многообразие их рельефа связано с поверхностными процессами. На них тоже влияют тектонические движения: на поднимающихся участках преобладает денудация, или процессы разрушения, а на понижающихся — аккумуляция, или накопление. Внешние, или экзогенные, процессы — размыв текучими водами (эрозия), смыв дождевыми водами (делювиальные процессы), растворяющие действия подземных вод (карст), работа ветра (эоловые процессы) и др. — тесно связаны с климатическими особенностями местности.

Орогенным поясам соответствует рельеф горных стран, которые занимают немногим более одной трети площади суши. Рельеф их обычно сложный, сильно расчленен, с большими амплитудами высот. Разнообразные типы горного рельефа зависят от высоты гор, слагающих их горных пород, геологической истории и современных особенностей природы района.

В горных странах, обладающих сложным рельефом, выделяются отдельные горные массивы, хребты и различные межгорные понижения.

Если присмотреться внимательнее, нетрудно обнаружить, что горы сложены наклоненными и изогнутыми слоями пород. Сильно смятые, изогнутые в складки горные породы перемежаются с магматическими кристаллическими породами, у которых слоистость отсутствует (гранит, базальт, андезит, липарит и др.).

Горы возникли в таких участках земной поверхности, которые испытали интенсивные тектонические поднятия. Этот процесс сопровождался смятием слоев осадочных пород. Они изгибались, разрывались, уплотнялись, растрескивались. Сквозь разрывы по трещинам из недр Земли поднималась магма и застывала на глубине или изливалась на поверхность. Неоднократно происходили землетрясения.

Образование крупных форм рельефа суши — горных хребтов, равнин и низменностей — связано прежде всего с глубинными геологическими процессами, которые на протяжении всей геологической истории формировали лик Земли.

Многочисленные и разнообразные более мелкие или скульптурные формы рельефа — речные долины, террасы, конусы выноса, осыпи, моренные возвышенности, карстовые провалы и т. п. — образуются в ходе разнообразных экзогенных процессов.

Изучение крупных форм рельефа Земли, их динамики, различных процессов, меняющих и земную поверхность, очень важно для многих сторон практической деятельности. От этих процессов зависят условия строительства. По формам рельефа можно судить о строении недр, а это помогает в поиске полезных ископаемых. Поэтому наука о рельефе — *геоморфология* — занимает видное место среди наук о Земле.

Как образуются и разрушаются горы

Многие из наших читателей живут в горных районах или видели горы во время поездок по стране. На человека, который видит горы впервые, они производят сильное, неизгладимое впечатление. Представьте себе долгое путешествие по однообразной, плоской равнине Средней Азии: сначала пустыня, затем хлопковые поля — и вот вдали на горизонте появляется неровная белая полоска. Но это не облака: это снежные вершины. Мы подъезжаем ближе. Вот уже предгорья. Местность повышается, дорога начинает петлять между холмами. Склоны становятся круче, появляются обнаженные отвесные скалы, реки стремительно и шумно бегут по ущельям... Горы! Каждая вершина неповторима, каждый поворот ущелья манит к себе, хочется узнать, что там дальше, выше. Какое-то странное, незнакомое нам, жителям равнин, хаотическое нагромождение скал, а еще выше — вечные снега, ледники, холодный, кристально чистый воздух и абсолютная тишина.

Откуда же такое чудо, откуда взялись горы?

Приглядимся внимательнее к скале. Оказывается, это не сплошная монолитная масса, а множество более или менее толстых слоев какой-то горной породы. Ударим молотком по одному из этих слоев, и, к нашему удивлению, на свежем сколе покажется отпечаток раковины: видна ее часть, характерные ребрышки. Иногда из породы можно выколотить всю раковину целиком. И если вы наблюдательны, то заметите, что уже встречали раковины, похожие на эту, на берегу моря! Только там она была панцирем живого существа, а здесь, в слоях горной породы, она мертва, окаменела.

И мы обнаруживаем, что вся горная порода, в сущности, состоит из таких раковин, большей частью мелких, а иногда и крупных. Это *известняк*.

Как же могло случиться, что раковины морских животных оказались высоко в горах, в тысячах километров от моря? Очевидно, когда-то, очень давно, на месте этих гор было море. Шли годы, на дне его слой за слоем накапливались раковины отмирающих животных, а затем морское дно поднялось так высоко, что море отступило: о нем теперь можно судить только по составу горных пород и окаменевшим остаткам морских организмов.

Горные породы морского происхождения встречаются на различных уровнях в горах. Значит, участки Земли, которые раньше были дном моря, в дальнейшем поднялись на различную высоту.

Теперь посмотрим, как лежат в горах слои горных пород. Оказывается, они наклонены и изогнуты; в сущности, вся горная возвышенность состоит из таких смятых, изогнутых, а местами разорванных слоев горных пород. Значит, участок Земли, который испытывал поднятие, одновременно коробился, сминался, деформировался, изменял свою структуру. При этом процесс поднятия и деформации слоев сопровождался изменением горных пород: они, как говорят, *метаморфизованы*, и прежний вид осадка, из которого они образовались, порой трудно себе представить.

В горах зачастую встречаются также прочные кристаллические массы, такие, как гранит и базальт. Эти породы никогда не были осадком на дне моря. Они образовались из расплавленной магмы, которая поднялась из глубоких недр Земли и затем застыла. Этот процесс можно наблюдать во время вулканических извержений.

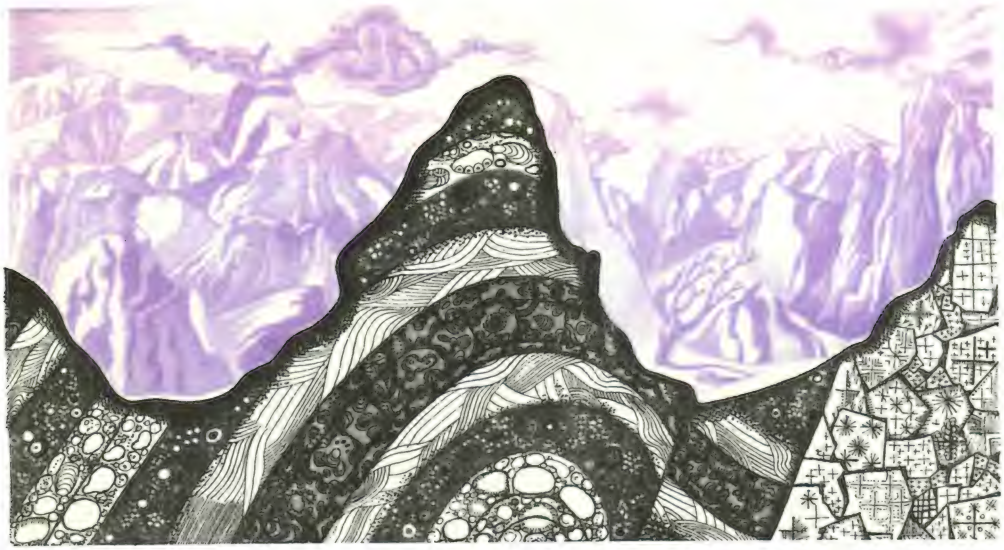
Откуда же берутся те силы, которые способны приподнять и изогнуть мощные толщи отложений и создать горы? Этот вопрос пока еще окончательно не решен. Можно думать, что главную роль играют сила тяжести, теплота, силы космического происхождения и т. д.

Как было уже рассказано ранее, внутренние части Земли сильно нагреты и, вероятно, продолжают разогреваться в связи с распадом радиоактивных веществ. Породы внутри земного шара из-за высокой температуры почти расплавлены, и это облегчает перемещение вещества. Тепло в недрах Земли распределено неравномерно, а отсюда возникают силы, которые могут вызвать перемещение масс.

Под влиянием Луны, Солнца и других тел Солнечной системы наша планета испытывает постоянно меняющиеся напряжения, и это опять ведет к возникновению движений во всей толще земных пород. Одним из примеров этих движений являются приливы и отливы, но не только в водах океана, а и во всем «теле» Земли. В недрах Земли таятся огромные силы, способные не только создавать горы, но и передвигать материки.

И в настоящее время процесс развития многих горных систем не закончился. Они продолжают расти, их строение усложняется. Примеры современной деятельности внутренних сил — землетрясения и извержения вулканов, о которых рассказывается в отдельных очерках этого тома. Есть и другие способы, при помощи которых можно обнаружить, что горы развиваются, например наблюдения за речными террасами.

Каждая река, которая протекает в горах и спускается в равнину, разрабатывает свою долину. Если горный хребет поднимается, то реки вынуждены углублять свои русла. Они глубоко врезаются в толщу горных пород и образуют ущелья с крутыми склонами. Но следы прежнего уровня реки местами сохраняются, и их можно обнаружить на склонах



В разрушении гор непрерывно участвуют разнообразные внешние силы.

Внешние силы приводят к выравниванию рельефа, но корни складок сохраняются.

гор на различной высоте. Такие остатки прежних долин, расположенные выше русла современной реки, и называются террасами. Они показывают, что процесс образования горных систем продолжается и в наше время. Речные долины равнин тоже имеют террасы, но их высота невелика.

Мы узнали, как создаются горы. А как же они разрушаются?

В разрушении гор непрерывно участвуют разнообразные внешние силы. Процесс разрушения начинается с поверхности. Днем скала нагревается солнцем. Ночью остывает. При нагревании камни расширяются, при остывании — сжимаются. День за днем, год за годом такие колебания температур приводят к тому, что скала растрескивается. В трещины проникает вода. В морозные дни она замерзает, и лед с большой силой раздвигает трещины. В них проникают корни растений, высасывая из них вместе с влагой вещества, нужные им для питания, и постепенно разъедают поверхность скалы и расширяют трещины. К этому присоединяется работа бактерий, которые химически перерабатывают вещество породы и превращают его в почву. Все эти процессы называются *выветриванием* горных пород. В результате выветривания на поверхности образуется слой разрушенных пород — *элювий*. Дождевые струи смывают элювий и сносят его в долины рек. Быстрые горные реки обладают большой силой и уносят с собой все обломки пород, попавшие в них со склонов гор. Кроме того, река сама углубляет русло и пропиливает горные породы. В этом ей помогают камни, которые она несет с собой. Они действуют на дно, как таран или пила, обтачивая его и срезая все неровности. Реки легко размывают рыхлые, непрочные породы. Но они обладают достаточной силой, чтобы размывать даже самые плотные породы, такие, как гранит или мрамор. Нередко можно видеть в горных районах глубокие ущелья,

Всюду в горах видны следы деятельности ледников, ветра, подземных вод и других процессов, разрушающих их.

стенки и дно которых сложены самыми прочными породами. В глубине таких ущелий с шумом мчится водный поток, непрерывно углубляя русло. Этот процесс называется *эрозией*.

Временные водные потоки, вызываемые дождями, и постоянные потоки, реки,— основная сила, разрушающая горы.

Большое значение имеют и другие внешние силы, к которым относится и *ветер*. Он действует непрерывно, из года в год, из века в век. Срывая с поверхности Земли мелкие частицы почвы и песка, он несет их с собой, «бомбардирует» ими, обтачивая и шлифуя обнаженные участки горных пород. При этом возникают оригинальные формы поверхности, разные причудливые скалы.

В высокогорных районах, где много снега и льда, большую роль в разрушении гор играют *ледники*. Мощные толщи льда под собственной тяжестью стекают вниз по долинам, углубляют их и уносят огромное количество обломков горных пород. Массы таких обломков скапливаются у конца ледника и по его краям, образуя морены.

Наконец, и *подземные воды* способствуют разрушению гор. Пробираясь по трещинам в глубине Земли, они размывают породы, растворяют их. В результате в толще пород образуются пустоты, пеще-

Приглядимся внимательнее к скале. Оказывается, это не сплошная монолитная масса, а множество слоев осадочных горных пород.

Когда-то они отлагались на дне водоема, а ныне поднялись на большую высоту.

Ветер, как и другие внешние силы, действует непрерывно. Срывая с поверхности Земли мелкие частицы, он несет их с собой, обтачивая и шлифуя горные породы. В результате возникают причудливые скалы.

Барханы песчаной пустыни Каракум.

ры, а на поверхности — провалы, воронки и котловины. Эти формы рельефа называются *карстом*.

Итак, в разрушении гор участвуют поверхностные и подземные воды, ледники, ветер, сложные физико-химические и биологические процессы выветривания.

Всюду в горах мы видим явные признаки деятельности этих внешних сил. Следовательно, горы со всеми особенностями их внутреннего строения, внешней формы созданы совместным действием внутренних и внешних сил. Они непрерывно созидаются и непрерывно разрушаются.

Если преобладают *внутренние силы*, то горы растут. если же *внешние силы* — горы постепенно сглаживаются, исчезают и на их месте образуется почти равнина (пенеплен) или совсем без всяких поднятий плоская равнина.

Горы бывают молодые и древние. *Молодые горы* — это те, которые возникли сравнительно недавно и продолжают подниматься. В *древних горах* внутренние процессы давно затихли, а внешние силы еще продолжают вести свою разрушительную работу.

На территории нашей страны есть и молодые и древние горы. Древние горы — это Урал, Тиман, Енисейский кряж и др. А вдоль южных границ и на востоке нашей страны протянулась полоса *молодых гор*: хребты Карпат, Кавказа, Копет-Дага, Памира. В пределах этих горных систем внутренние силы действуют очень энергично, горы растут, их рост сопровождается землетрясениями, а местами и вулканическими явлениями, как, например, на Камчатке.

Изучение гор и пород, которыми они сложены, имеет важное практическое значение. Чтобы успешно отыскивать месторождения полезных ископаемых, нужно знать строение гор и равнин, их историю.

Равнины

Равнины — это пространства суши со спокойным, плоским или холмистым рельефом, с малыми колебаниями высот, медленно текущими в широких долинах извилистыми реками. Такова, например, обширная Русская, или Восточно-Европейская, равнина, протянувшаяся от берегов Северного Ледовитого океана до Черного и Каспийского морей. На поверхности суши Земли равнины занимают около 65% площади. Самый ровный континент — Африка: 84% площади имеет плоский рельеф и лишь 16% занято горами. Азия — единственная часть света, где гор больше, чем равнин: более половины ее территории занимают крупнейшие и высочайшие горные системы Гималаев, Гиндукуша, Каракорума, Тибета, Памира, Тянь-Шаня, Алтая, Саян, Байкальской горной страны, горы Дальнего Востока. На долю равнин остается лишь 43% азиатских территорий. В Европе, Южной и Северной Америке, Австралии равнины расстилаются на 60—75% их площади. В нашей стране 66% территории занимают равнины и 34% — горы.

На равнинах живет основная часть человечества. В условиях благоприятного климата и хороших плодородных почв большие площади равнин издавна возделываются человеком. Равнины — главные житницы Земли. Необозримые равнинные пространства в Европе, Сибири, Канаде покрыты таежными лесами, а в Африке и Америке — тропическими лесами и саваннами. Недра равнин таят в себе всевозможные полезные ископаемые, прежде всего нефть и газ, без которых немыслимы жизнь и деятельность современного общества.

Типы равнин

Само слово «равнина» говорит об основном отличительном качестве этих областей — об их равнинности. Но по своей высоте, характеру рельефа, геологическому строению и истории равнины отличаются друг от друга. По высоте различают *низкие* (ниже 200 м абсолютной высоты) равнины, или низменности,— Прикаспийская, значительные участки Западно-Сибирской равнины, Амазонская и другие, *средневысотные* (200—300 м) — южная часть Восточно-Европейской равнины, Северо-Американская и другие, *высокие* (300—1000 м) — Средне-Сибирская, высокие равнины Африки, Южной Америки, Индостана, Австралии и др.

Равнины располагаются на платформах. У многих платформ фундамент глубоко опущен, и на нем почти горизонтально лежат многосотметровые пласты морских и континентальных осадочных пород, плотных (известняки, песчаники) или рыхлых (пески, глины, галечники). Таковы Русская, Средне-Сибирская, Великие равнины Северной Америки. В некоторых районах кристаллический фундамент, или цоколь, выходит на поверхность. В этих случаях на щитах образуются цокольные равнины. К ним относят, например, высокие и средневысотные равнины Украинского щита, Скандинавии и т. д.

Высокие и средневысотные равнины обычно слагаются плотными горными породами. Поверхность их подвергается выветриванию и разрушению. Образующийся в результате выветривания рыхлый материал сносится водой и ветром, осыпается, обваливается и сползает по крутым склонам речных долин. Совокупность процессов сноса рыхлого материала называется *денудацией* (от латинского слова «денудо» — обнажаю). Равнины, рельеф которых образуется под воздействием этих процессов, называются *денудационными*. Рыхлый материал, образовавшийся на денудационных равнинах и в горах,— обломки горных пород, щебень, песок и глина — постепенно падает, скатывается, сползает, смывается водой вниз по склонам и попадает в ручьи и реки. Воды ручьев и рек подхватывают эти наносы и во взмученном, растворенном состоянии или перекатывая обломки по дну уносят их далеко от места образования вниз по течению. На низких равнинах, где течение рек замедляется, в их руслах появляются наносные острова и отмели, реки начинают описывать сложные петли излучин — *меандры* (по названию реки Меандр в Турции, отличающейся своей извилистостью) — или распадаются на систему протоков. Песчаные или глинистые речные наносы называются *аллювием*. Накапливаясь за сотни и тысячи тысяч лет, они образуют обширные *аккумулятивные речные* (аллювиальные) и озерные равнины, сложенные мощными толщами рыхлых песков и глин. Одна из крупнейших аккумулятивных равнин земного шара — Амазонская. Она расположена в гигантской платформенной впадине. В ней по крайней мере 200 млн. лет реки сгружали наносы. К настоящему времени мощность рыхлых отложений в таких впадинах измеряется километрами. В них лежат остатки великих горных хребтов.

Реки, достигающие берега моря, доносят до него наиболее мелкие обломки. Встречаясь с морской водой, эти наносы откладываются в устье реки, формируя дельты, или выносятся дальше в море и оседают вблизи берега на дне. Если шельф (материковая отмель) широкий, то большая часть этих наносов отлагается на его поверхности. Затем через сотни тысяч и миллионы лет уровень моря может понизиться или тектонические силы поднимут побережье. Тогда обнажится бывшее дно моря и на новых участках суши образуются *морские аккумулятивные* равнины. Таковы, например, низменные тундровые равнины на побережьях Северного Ледовитого океана.

Равнины кажутся плоскими только на первый взгляд. В действительности рельеф равнин доволь-

Равнины — главная житница Земли. В нашей стране они занимают 66% территории.

но сложный и разнообразный. В одних местах равнины на самом деле почти плоские, как в полупустынных районах к северу от Каспийского моря, в других — возвышаются холмы, гряды, увалы, например Валдайская, Средне-Русская и Приволжская возвышенности, расположенные на Русской равнине, Сибирские увалы — в Западной Сибири и т. д. Глубокие буровые скважины и геофизические исследования показали, что, как правило, под такими возвышенностями кристаллический фундамент платформ также повышается, а под понижениями современной поверхности фундамент глубоко опущен. Геологи, занимающиеся поисками месторождений нефти и газа, заметили, что скопления этих полезных ископаемых находятся в тесной связи с рельефом кристаллического фундамента. А раз неровности фундамента отражаются в современном рельефе земной поверхности равнин, то по его характеру можно судить и о строении подземного рельефа и с большей уверенностью искать нефть и газ.

Как же получились эти неровности в рельефе равнин? Для ответа нам потребуется проследить историю развития их рельефа.

История рельефа платформенных равнин

В районах, где породы кристаллического фундамента платформ выходят на поверхность, например на Украине — в среднем течении Днепра у г. Днепропетровска и Кривого Рога, видно, что эти породы смяты в складки, разбиты трещинами и имеют такие же структуры, как и в горах. Из этого был сделан вывод, что когда-то, на первых этапах формирования платформ, на месте современных равнин существовали горы. Затем наступили длительные периоды спокойной тектонической жизни, в течение которых горы были почти полностью разрушены внешними силами денудации. Горные хребты и вершины были снижены, выровнены. Образовалась почти равнина, которую американский геолог и географ Уильям Дэвис — один из основателей науки геоморфологии — предложил называть *пенепленом* («пене» — почти, «плен» — равнина). Первичные древние пенеплены постепенно опускались и покрывались водами палеозойских и мезозойских морей. На дне морей накапливались толщи осадков. После ухода моря и пологого общего поднятия платформы эти осадочные породы образовали платформенный чехол.

Одновременно с общими слабыми тектоническими поднятиями и опусканиями всей платформы отдельные ее участки испытывали местные (локальные) движения вверх или вниз. Этими-то движениями и были образованы пологие поднятия и прогибы в поверхности фундамента и в современном рельефе — те возвышенности и плоские впадины, о которых мы уже говорили.

Местные движения на платформах продолжаются и сейчас. Точные измерения показали, что, например, район Курска поднимается на 3,6 мм в год, а Кривого Рога — на 10 мм в год. Кажущаяся нам незыблемость и неподвижность поверхности нашей планеты иллюзорна. На самом деле движения разного направления и разной силы, вызванные не до конца еще выясненными процессами, идущими в недрах Земли, происходят непрерывно в течение всей истории планеты.

На обнажившуюся из-под вод ушедшего моря поверхность воздействуют экзогенные силы — речная эрозия и аккумуляция, ветер, гравитационное осыпание, обваливание и оползание разрушающихся пород, растворение их подземными водами. В результате взаимодействия тектонических движений и экзогенных процессов сформировался холмистый

Западно-Сибирская равнина.

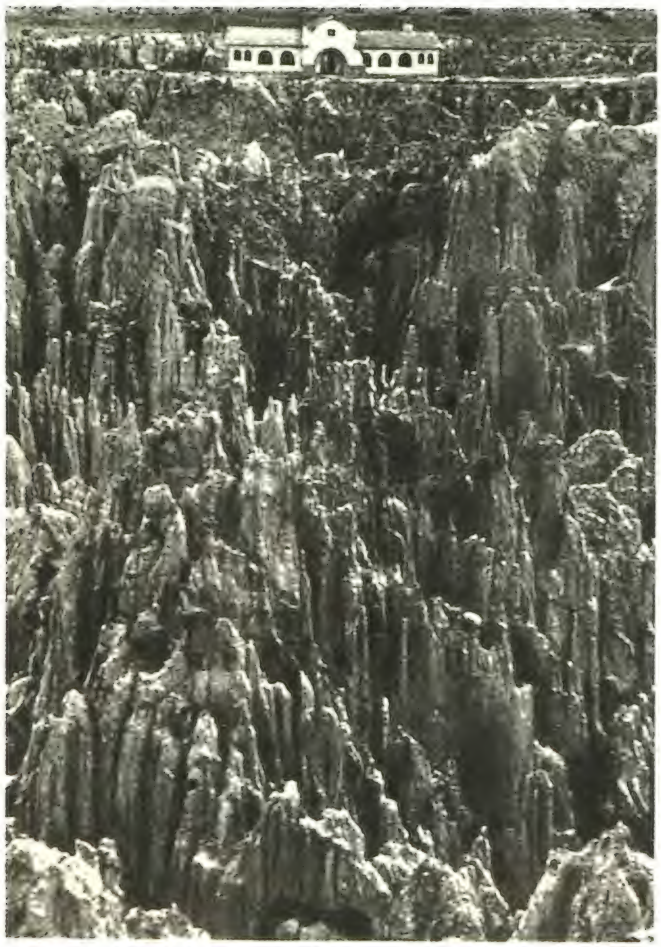
На равнинах, где уничтожена естественная травянистая растительность, под действием сильных ливней или при бурном таянии снегов струи воды, собирающиеся на склонах, размывают их и образуют глубокие быстрорастущие овраги.

или плоский, волнистый или котловинный рельеф равнин. И чем сильнее тектонические движения, тем сильнее воздействуют на них экзогенные процессы. Однако эти процессы зависят не только от тектонических движений. На разные участки земной поверхности поступает неодинаковое количество солнечного тепла. Одни области получают много осадков в виде дождей и снега, другие страдают от засухи.

Различия в климате определяют и различия в работе экзогенных процессов.

Во влажных странах главную работу производит вода. После дождей или таяния снега она частично впитывается в почву, покрытую лесами и лугами, частично стекает по склонам. И почвенная и поверхностная вода собирается в ручейки, которые соединяются в малые реки, а затем в большие водные потоки. Реки текут, размывая свое ложе, подмывая берега, вызывая обрушение их и оползание. Возникает сеть больших и малых речных долин. Долинный рельеф — отличительная черта геоморфологических ландшафтов влажных областей.

В лесостепных и степных областях осадков выпадает меньше, и выпадают они в течение года очень неравномерно. Реки и долины здесь уже не так густо расчленяют поверхность. Но там, где естественная травянистая растительность уничтожена, во вре-



Там, где овраги располагаются близко друг к другу, образуется труднопроходимое смешение резких и узких гребней и «небольших ущелий». Такой рельеф называют бедлендом или дурными землями.

мя редких, но сильных ливней или при весеннем бурном таянии снегов струи воды, собирающиеся на склонах, разрезают их и образуют глубокие быстрорастущие овраги.

В засушливых областях полупустынь и пустынь дожди выпадают очень редко. Растительность здесь скудна и не покрывает почву защитным ковром. Главной действующей силой становится ветер. Он царит в пустынях повсюду, даже в редких руслах рек, сухих большую часть года.

Ветер выдувает из почвы пыль и песчинки. Черными бурями пыль уносится на многие сотни километров. Выпадая на землю, когда ветер стихает, эта пыль может образовать мощные толщи пылеватых отложений — так называемых *лёссов*.

Песок, переносимый ветром в воздухе или перекатываемый по оголенной поверхности, скапливается в пустынях, нагромождая двигающиеся барханы, барханные цепи и гряды.

Рисунок эолового рельефа песков, особенно хорошо видный на аэрофотоснимках, определяется режимом и силой ветров, встречающимися на их пути преградами — горными хребтами и кряжами.

Климат любого района Земли не оставался одинаковым. Причины изменений климата нашей планеты сложны и не до конца еще выяснены. Ученые связывают эти изменения с космическими явлениями, с изменениями в положении оси Земли и миграциями полюсов, с вертикальными и горизонтальными смещениями материков.

Сильные колебания климата Земля испытала в новейшее геологическое время, особенно в течение четвертичного периода (антропогена). В этот период в полярных областях земного шара возникли крупные оледенения. В Евразии ледники постепенно спускались с гор севера Скандинавии, Урала, Средней Сибири. Они соединялись друг с другом, образовывали обширные ледниковые щиты. В Европе во время максимума оледенения (200—300 тыс. лет тому назад) край ледникового щита высотой в несколько сот метров доходил до северных подножий Альп и Карпат, спускался языками по долинам Днепра до Днепропетровска и Дона до Калача.

Лед в ледниковом покрове медленно растекался от центра к краям. На возвышениях подледникового рельефа ледники сдирали и сглаживали скалы, выворачивая крупные валуны и глыбы пород. И сейчас, особенно в районах, близких к центрам прежних оледенений,— в Скандинавии, на Кольском полуострове, в Карелии прекрасно сохранились сглаженные и исцарапанные, а порой отполированные до блеска гранитные скалы, так называемые бараньи лбы. По расположению царапин и штрихов на этих скалах и ледниковых валунах ученые устанавливают направления движения древних, давно исчезнувших ледников.

В лед вмерзали камни, и он переносил их на сотни и тысячи километров, нагромождая вдоль краев ледниковых покровов в виде гряд и холмистых морен. В трещинах на ледниках, внутри и под ними текли потоки незамерзшей воды, насыщенные песком, галькой и гравием. Некоторые трещины полностью забивались наносами. И, когда ледники начали таять и отступать, песчано-гравийные массы спроектировались из трещин на освобожденную из-подо льда поверхность. Образовались извилистые гряды. Такие песчаные гряды длиной до 30—40 км, а шириной от нескольких метров до 2—3 км часто встречаются в Прибалтике, под Ленинградом, в Карелии, Финляндии. Они называются *озами* (по-шведски гряда). Озы, моренные гряды и холмы, а также *камы* — округлые песчаные бугры и *друмлины* — холмы характерной удлиненной формы — это типичные свидетели рельефообразующей работы древних покровных оледенений, которые охватывали огромные территории нашей страны.

Ледники несколько раз наступали и отступали на северные районы Европы, Азии, Северной Аме-

Пятнистая тундра. Это ровная, сухая, глинистая тундра с глинистыми пятнами величиной с тарелку или колесо, обычно совершенно лишенными растительности. Пятна вкраплены в сухую, покрытую растительностью тундру или же окаймлены бордюром из растений.

Остаточная ледниковая морена, сложенная рыхлыми суглинками со скоплением обломков горных пород.

Озеро Лосиное. Карельская АССР. Такие озера располагаются в понижениях моренно-ледникового рельефа.

рики. Во время этих великих четвертичных оледенений температуры воздуха на всей Земле уменьшались, особенно сильно в полярных и умеренных широтах. На громадных пространствах Европы, Сибири и Северной Америки, куда не проникали ледники, почва промерзала на глубину в несколько сот метров. Сформировалась вечная мерзлота грунтов, сохранившаяся и поныне в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Канаде и т. д.

Летом поверхность скованной мерзлотой земли оттаивает, почва переполняется водой, образуется множество мелких озер и болот. Зимой вся эта вода вновь замерзает. При замерзании, как вы знаете, вода расширяется. Лед, содержащийся в грунтах, разрывает их трещинами. Сеть этих трещин часто имеет закономерный решетчатый (полигональный) рисунок. Поверхность выпучивается, образуются бугры. Деревья на таких участках наклоняются в разные стороны. При вытаивании почвенных льдов и мерзлоты образуются котловины и впадины — *термокарстовый рельеф*. Мерзлотное пучение и просадки вытаивания разрушают строения, дороги, аэродромы, и людям, осваивающим полярные мерзлотные районы, приходится отдавать много сил для борьбы с этими вредными природными явлениями.

Равнины в горах

Равнины и горы — это два главных типа рельефа Земли. Однако и высоко в горах встречаются пространства с неожиданно ровными поверхностями.

Чтобы убедиться в этом, давайте совершим путешествие в Восточную Сибирь, на озеро Байкал. Прилетев на серебристом лайнере ТУ-104 в Иркутск, пересядем на небольшой биплан АНТ-2 и через часполтора приземлимся на небольшом, окруженном стройными соснами аэродроме у рыбацкого поселка Хужир на острове Ольхон у западного берега Байкала. Взяв у рыбаков моторную лодку или катер, переправимся через Малое море к подножию Приморского хребта, идущего вдоль юго-западного берега Байкала. Сначала наш путь пойдет вверх по крутым склонам Приморского хребта, поросшего лиственницей, сосной и кедром. Дорогу будут преграждать буреломные нагромождения стволов упавших деревьев, скалы и каменные глыбы. Недалеко от вершины лес кончится, и мы попадем на сплошные крупноглыбовые каменистые россыпи. Внизу под нами блестит на ярком солнце синий Байкал, местами по нему пробегает рябь волн. Берега окаймлены густой тайгой. Хорошо виден остров Ольхон, словно обрубленный гигантским топором обломок суши, наклоненный с востока на запад.

Оглянувшись вокруг, мы с удивлением обнаружим, что стоим на краю голой каменистой равнины с редкими куртинами кедрового стланика и чахлыми кустиками березки. Гребня горного хребта, который мы ожидали увидеть, нет. Перед нами и на ближайших хребтах вокруг Байкала расстилаются овеваемые всеми ветрами полого-волнистые равнины, обрывающиеся к Байкалу или глубоким ущельям-трещинам, на дне которых грохочут камнями бурные горные реки.

Такие высоко поднятые нагорные равнины, которые называют *поверхностями выравнивания*, характерны и для Памира, Тянь-Шаня, Тибета и большинства других горных систем земного шара. Что же это за равнины? Как они образовались в горах, где рельеф должен быть расчлененным — горным?

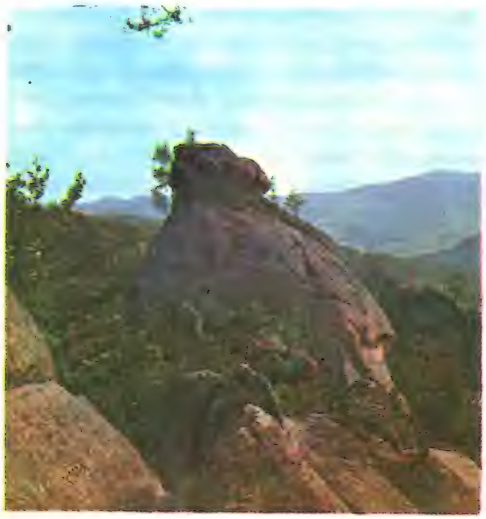
Когда-то, в большинстве случаев в конце мезозоя — начале кайнозоя, горы силами эрозии и денудации были превращены в равнины. Позже, в новейшее геологическое время, земная кора снова начала подниматься, образуя большие валы. При поднятии жесткая кора трескалась, разбивалась на громадные глыбы. Некоторые глыбы проваливались. Одну из таких впадин-провалов заняло озеро Байкал. Остров Ольхон, на котором мы побывали, — это сравнительно небольшая перекошенная глыба, оставшаяся между двумя опущенными глыбами, залитыми водами Малого моря и самого Байкала. Участки древней равнины сохранились на вершинах горных хребтов — поднятых глыб земной коры.

Изучение остатков этих древних равнин помогает ученым выяснить историю тектонических движений и развития рельефа, а это важно для правильных поисков различных полезных ископаемых.

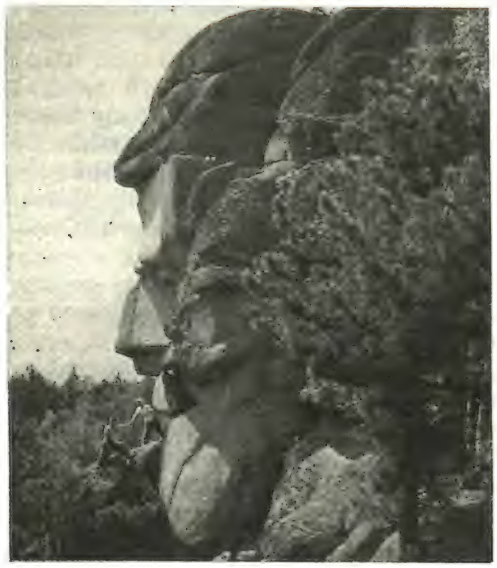
Движения по трещинам-разломам продолжаются и сейчас. Наблюдения показали, что впадины Байкала и Малого моря продолжают погружаться, а окружающие их хребты поднимаются. Эти явления сопровождаются землетрясениями. На памяти человечества, совсем недавно, в декабре 1861 г., на восточном берегу Байкала близ дельты Селенги часть берега, площадью около 200 км^2, в течение двух суток провалилась, опустившись на дно озера. Вместе с берегом на дне озера оказались и бурятские деревни. Образовался новый залив, так и названный Провалом.

Эти формы рельефа образовались в результате выветривания, т. е. под влиянием механического, физического и химического воздействия на них различных атмосферных явлений, а также животных и растений.

Скала «Перья», один из столбов правого берега реки Енисея у Красноярска.



Причудливая форма скалы в Карпатах.



Гора «Дед» у Красноярска

Творение ледниковых покровов

Если вам доведется лететь на самолете в ясный день из Москвы в Литву или Латвию, то трудно будет оторвать взор от расстилающегося внизу вида. Как сложно все нагромождено! Пятна болот, бесконечные озера, какие-то искривленные приподнятые полосы и дуги, то правильные округлые холмы, то длинные и узкие, извивающиеся гряды, то участки перевеянных песков, едва сдерживаемых редколесьем. И только кое-где извивы речушек как-то робко, словно таясь и тыкаясь вслепую, прокладывают себе путь из одного озера в другое. И вдруг смелые, геометрические, сверкающие на солнце разрезы каналов.

Этот ни с чем не сравнимый рельеф создан великим ледниковым покровом, спускавшимся прежде со Скандинавских гор. Он преодолел впадину Балтийского моря и стал расползаться на юг по просторам Европейской части СССР до Днепропетровска (Днепропетровский язык) и до города Калача (Донской язык), а на восток до Приволжской возвышенности. Ледник то надвигался, то отступал, нагромождая валуны, песок и глину, принесенные и перекопанные ледниковым щитом. В Прибалтике ледник, достигавший мощности 2—3 км, последний раз растаял геологически недавно — 30—15 тысячелетий назад. Поэтому созданный ледником рельеф сохранил свежесть и только крупные реки успели проложить себе путь к морю и дренировать все эти морены, озы, друмлины, зандры — разнообразные формы ледниковых нагромождений, чередующиеся с рельефом, созданным талыми ледниковыми водами. Это «ископаемый», «унаследованный» рельеф, над пересозданием которого теперь трудятся текучие воды рек.

Дно Мирового океана

Под словом «земля» мы обычно подразумеваем сушу, а не безбрежные воды океанов, хотя они занимают 70,8% поверхности всей планеты. Давно уже известно, что океаны — это водные бассейны, заполняющие огромные впадины нашей планеты, а суша — материки — это крупнейшие поднятия земной поверхности, как бы острова среди океанов. «Белых пятен» на карте суши уже почти нет. А вот подводные пространства Земли, скрытые поверхностью океана, хранят в себе еще много тайн.

Как установлено (см. ст. «Внутреннее строение Земли»), геологическое строение дна океанов очень сложно и во многом отличается от материковой суши. Между тем, если не знать геологического строения дна Мирового океана, нельзя представить себе и строение Земли в целом, нельзя понять законы ее геологического развития. А нужно ли это людям? Есть ли практическая необходимость проникнуть в тайны океанского дна?

Издавна людей интересовало, как устроено дно океана. Прежде всего мореплавателям нужно было знать, что ждет корабль в открытом море: огромные глубины или опасные скалистые мели — такой вопрос задавал себе каждый, кто отправлялся в плавание. По мере развития техники мореплавания интерес к океану возрастал. Моряки научились измерять океанские глубины и по характеру их изменения даже грубо определять местонахождение корабля. Так, если глубины начинали резко уменьшаться, капитаны судов ожидали приближение берега. Появление подводных лодок усилило интерес моряков к строению морского дна на значительно больших глубинах. Строением дна стали интересоваться и рыбаки: обычно треска, палтус, камбала и другая промысловая рыба собирается у краев отмели, вершин подводных возвышенностей и некоторых частей склонов; там ее ловят тралами. Вместе с тем рыбакам важно знать и характер грунта, чтобы не задеть за скалы и валуны — так можно порвать, а то и совсем оборвать трал или забить траловую сеть илом. Но даже если рыбаки ловят и не донную рыбу, а плавающую вблизи поверхности или в толще воды — сельдь, сайру, тунца, то им также небезынтересно строение дна океана. Оказывается, эти рыбы часто держатся над банками (отмелями) и вершинами подводных гор, потому что восходящие движения глубинных вод океана над склонами таких форм рельефа выносят наверх соли, способствующие развитию планктона, которым питаются рыбы.

Заинтересовались морским дном и геологи. Залежи нефти и природного газа на дне Каспийского моря, в Мексиканском заливе и в Северном море, россыпи руд марганца, меди и фосфатов в Тихом океане — все это обнаружено в таких количествах, которые не идут в сравнение с минеральными богатствами суши многих стран мира. И еще одна причина заставляет геологов исследовать дно океанов: минеральные богатства на поверхности суши с каждым днем убывают — мы расходуем их весьма интенсивно. В глубинах Земли их еще очень много, но искать там трудно и дорого. Поиски полезных ископаемых в глубинах материковой суши будут намного легче, если знать законы геологического развития земной коры. Огромные пространства суши в прошлом были заняты морями и океанами, а они развивались по тем же законам, которые управляют развитием дна современных морей и океанов. Изучая дно, мы найдем ключ к пониманию геологического прошлого материков, их глубинного строения и, следовательно, ключ к подземным кладовым полезных ископаемых, которые будут использоваться для блага человека.

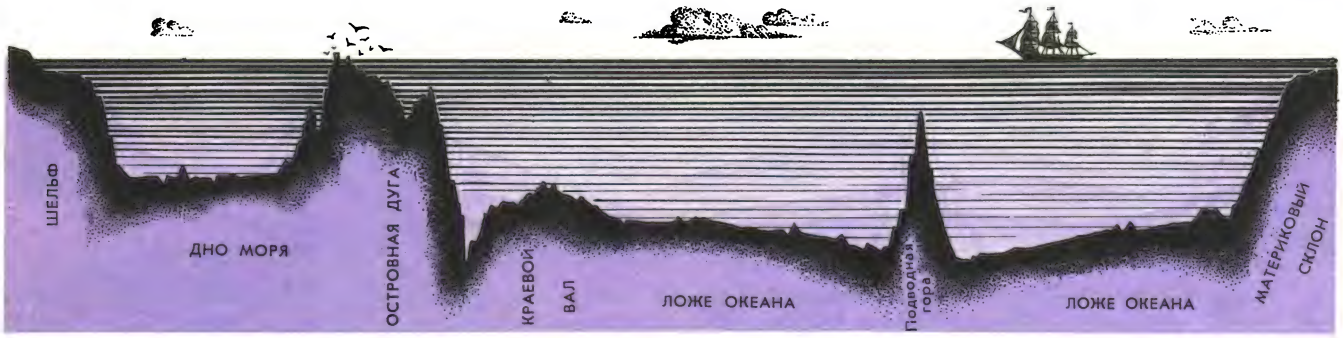
Вот и выходит, что географию и геологию подводного мира необходимо знать, чтобы лучше использовать на благо человека природные условия и богатства Мирового океана и Земли в целом. Поэтому воды океанов теперь бороздят не только грузовые и пассажирские, рыболовные и военные корабли, но и исследовательские суда, измеряющие глубины океана и изучающие геологическое строение его дна.

Методы изучения морского дна

Геологические исследования дна морей и океанов начались сравнительно недавно. В конце прошлого и в начале нашего столетия они ограничивались измерениями глубин и сбором проб донных грунтов. Делали это весьма примитивно: с корабля на дно моря спускался груз на веревке или тросе, и по его длине определялась глубина, а прилипшая к грузу или захваченная прикрепленными к нему ковшами или трубкой проба позволяла судить о характере донного грунта.

В 20-х годах нашего столетия, а особенно после второй мировой войны в практику морских геологических работ начали внедряться геофизические методы исследований. Глубины океана и рельеф его дна стали изучать с помощью *эхолотов*, основанных на принципе измерения времени, затраченного на прохождение звукового сигнала с корабля до

Типичный профиль океанического дна. Дно океана, как видно из схемы, имеет чрезвычайно сложный рельеф: глубокие узкие желоба, тянущиеся на сотни километров вдоль горных цепей, глубокие извилистые каньоны (ущелья), множество высоких вулканических гор и т. д.



дна и обратно. Этот же принцип, но с применением особенно мощных сигналов позволил изучать внутреннее строение толщи рыхлых осадков, покрывающих дно. Сквозь эти осадки легко проникает звук, который отражается частично поверхностью дна, частично плотными породами земной коры, подстилающими рыхлые осадки. Мощные звуковые сигналы позволяют зондировать и наиболее глубокие слои земной коры — твердые магматические породы и даже подстилающие кору породы — верхнюю мантию Земли.

С помощью магнитометров, буксируемых кораблями, измеряется напряженность магнитного поля Земли и выявляются аномалии, причина которых — неоднородности структуры земной коры. Эти неоднородности изучают и с помощью судовых гравиметров, измеряющих величину силы тяжести, которая зависит от плотности пород. Все эти измерения не требуют остановки судов, что позволяет изучать большие пространства за короткое время.

Однако геофизические методы дают возможность получать лишь физическую характеристику горных пород и рыхлых осадков со дна океана, а не сами их пробы. Эти методы не позволяют наблюдать и процессы, изменяющие дно океана. В прибрежной зоне на небольших глубинах вести наблюдения и брать пробы можно, пользуясь водолазным снаряжением, на мелководье особенно удобен акваланг. А как быть на глубинах более 300 м? Водолазы пока туда не спускаются. Правда, в батисферах и батискафах человек может опуститься даже на самые большие глубины океана, например на дно Марианского желоба, но каждый такой спуск — сложная, опасная и дорогостоящая операция. К тому же батискафы маломаневренны. На смену им приходят исследовательские глубоководные подводные лодки, которые позволяют людям выполнять широкий круг наблюдений на глубинах до 2—3 км.

И все же для повседневных геологических исследований больших океанских глубин наиболее широко применяются сейчас автоматические приборы. Это как бы механические и электронные глаза и руки человека в темных пучинах океана.

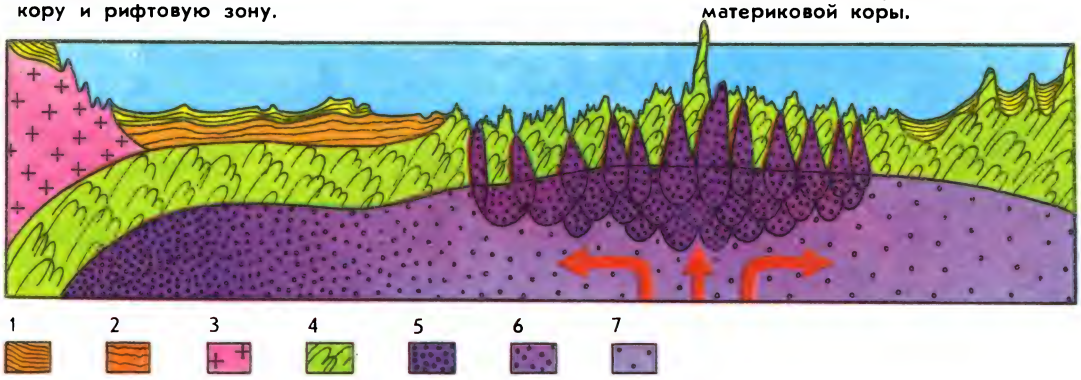
Микрорельеф дна, осадки и выходы коренных пород успешно изучают с помощью подводных фотокамер и телевизоров. Грунтовые трубки и дночерпатели, вонзаясь в толщу донных осадков до древних слоев, отложенных за десятки и сотни тысяч лет до наших дней, приносят пробы, а тралы и драги соскребают с поверхности дна обломки твердых пород. Еще глубже проникают в толщу дна буровые скважины. Бурением удается получать образцы из слоев, залегающих на 200 м ниже поверхности дна океана. Число таких скважин пока невелико, но с каждым годом оно будет расти, потому что буровые скважины — это самый верный путь к изучению недр океанского дна.

Исследованиями геологического строения дна океанов занимаются многие советские и зарубежные ученые. В СССР особенно широкие работы ведут Институт океанологии Академии наук и Научно-исследовательский институт морской геологии Министерства геологии и охраны недр. Наши научно-исследовательские суда «Витязь», «Михаил Ломоносов», «Обь», «Академик Курчатов», «Книпович», «Сергей Вавилов» и «Петр Лебедев» бывают во всех частях Мирового океана, но он так велик, что одной стране не под силу изучить его, поэтому большое значение имеют международные исследования океана, организованные по согласованным программам. Такие исследования, например, проводились во время последнего Международного геофизического года (1957—1959), Международной индоокеанской экспедицией (1959—1965) и по программе Международного проекта исследований верхней мантии Земли (1963—1970). В последние годы известность получили многие зарубежные экспедиции на исследовательских судах.

Современная океанология уже располагает хорошими картами рельефа дна морей и океанов, отра-

Поперечный профиль Индийского океана, захватывающий материковый склон (слева), океаническую кору и рифтовую зону.

1. Рыхлые породы осадочного чехла.
2. Уплотненные породы осадочного чехла.
3. Гранитные породы материковой коры.
4. Базальтовые породы океанического дна.
5—7. Глубинные породы верхней мантии.



жающими характер донных осадков, физические поля и глубинное строение земной коры; наиболее подробными картами, составленными по материалам Международного геофизического года советскими учеными. «Русские карты океанов» получили широкое признание во всех странах.

Главные черты строения океанических впадин

Представим себе, что каким-то чудом воды океанов вдруг исчезли и нашему взору открылись просторы океанских пучин. Мы увидели бы там странный и необычный мир, непохожий на все то, что окружает нас на суше.

Современные карты Мирового океана, составленные учеными, показывают действительную картину подводного рельефа.

Острова-материки высоко поднимаются над ложем океанов, лежащим ниже их на 5—6 км. Характерные для большинства материков равнины полого спускаются за береговую линию морей и океанов и тянутся там еще на несколько десятков, а во многих местах (например, в Арктике) на несколько сотен километров в виде так называемой *материковой отмели*.

Поверхность материковых отмелей очень полого наклонена в сторону океана.

Ученые полагают, что равнины эти имеют то же самое происхождение, что и равнины материковой суши. Они образовались при выравнивании сложного рельефа суши реками, а также за счет выветривания, но потом оказались затоплены водами океана. Материковые ледники — эти огромные запасники воды — сильно подтаяли, и воды океана «вышли из берегов», затопив прибрежные равнины древней суши. Следы былого рельефа суши еще и сейчас можно видеть на материковой отмели в виде характерных холмов ледникового происхождения, остатков речных долин, древних береговых обрывов. В разных местах Земли глубины материковых отмелей неодинаковы. Они зависят от деформации материковых окраин, вызванных тектоническими движениями. Обычно материковая отмель резко обрывается и сменяется круто падающим вниз материковым склоном.

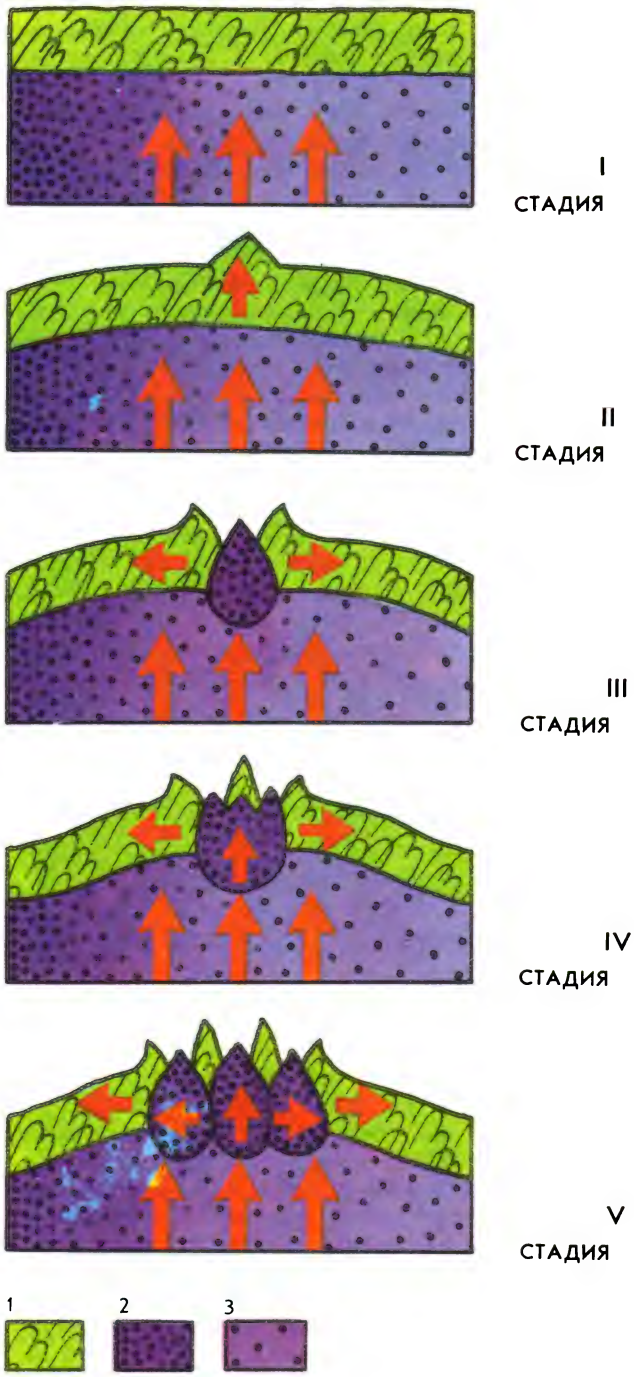
Высота *материковых склонов* достигает 4—5 км; они очень круты и по наклону мало чем отличаются от высоких горных хребтов суши. Местами материковые склоны переходят в почти отвесные уступы. Поверхность склонов сложная: ступени и уступы расчленены множеством подводных каньонов. Часто здесь продолжаются горные хребты и долины суши. Встречаются и замкнутые котловины, которые отделяют от открытого океана подводные или выступающие над водой горные хребты. Вершины таких хребтов часто образуют гирлянды островов — островные дуги, очень характерные для Тихого океана.

Ширина материковых склонов из-за их крутого падения обычно невелика — около 50—100 км, но, если склон раздроблен на ряд ступеней, котловин и островные дуги, он образует широкую (до 1000 км) переходную зону. У подножия материковых склонов во многих местах тянутся глубокие и узкие *океанические желоба*. Здесь и находятся самые большие глубины океана, достигающие свыше 10 км.

В центральных частях океана глубины обычно не превышают 6,5 км.

В области материковых склонов происходят землетрясения. Края материков в этих районах поднимаются или опускаются, трескаются, выгибаются. Особенно много землетрясений связано с островными дугами и глубоководными желобами, в которых располагается множество вулканов. По побережью Тихого океана вулканы образуют знаменитое тихоокеанское «огненное кольцо». Вздрагивающие от подземных толчков берега Тихого океана таят в себе много опасностей для жителей этих мест.

Схема последовательного развития разлома, или рифтовой зоны.



1. Базальтовый слой, или океаническая земная кора.

2—3. Породы верхней мантии.

Толчки океанского дна вызывают гигантские волны — цунами, обрушивающиеся на берег.

От подножия материковых склонов и за глубокими рвами океанических желобов начинаются просторы океанского ложа. Его поверхность сложно расчленена. Она то холмиста, то местами более или менее выровнена и даже идеально плоска. Местами она разделена системами поднятий на отдельные котловины. На ложе океана множество подводных вулканических гор да и бесчисленные холмы, по-видимому, также вулканического происхождения. Во многих местах равнины океанского ложа прорезают трещины — тектонические разломы.

Вблизи подножия материковых склонов поверхность ложа океана из-за толщи накапливающихся там осадков часто бывает приподнята, так что постепенно сливается с нижней частью склона. Если у подножия материкового склона лежит глубоководный желоб, то вдоль него по краю ложа океана тянется, как правило, широкий краевой вал. Это образование тектоническое — своеобразная реакция океанского ложа на прогибание желоба.

Из поднятий, разделяющих ложе океана на отдельные котловины, наиболее значительны срединно-океанические хребты. Впервые их обнаружили в Атлантическом и Индийском океанах, а затем оказалось, что они соединяются в одну общую планетарную систему и протягиваются из Северного Ледовитого океана через Атлантический и Индийский в Тихий. Эта горная система, опоясывающая весь земной шар, достигает в длину 60 тыс. км. Ничего подобного срединно-океаническим хребтам на суше нет — ведь все горные системы материков, как бы велики они ни были, все же разобщены между собой впадинами океанов.

Срединно-океанические хребты — величественные горные образования шириной в несколько сотен километров и высотой около 2—3 км. Они состоят из нескольких параллельных горных гряд. Их склоны опускаются к ложу океана широкими ступенями.

В самой высокой центральной части вдоль гребней тело хребта прорезают глубокие так называемые рифтовые ущелья. По их названию всю осевую зону срединно-океанических хребтов называют рифтовой. Рифтовые ущелья и рифтовые зоны в геологическом отношении необычайно интересны. Здесь исключительно высока сейсмическая активность; каждый день бывает до 100 землетрясений. Из недр Земли выходит сильный поток тепла, широко развита вулканическая деятельность. В стенках рифтового ущелья и на гребнях прилегающих к нему рифтовых гряд обнажаются глубинные породы Земли. Предполагают, что срединно-океанические

Железо-марганцевые конкреции на дне океана.

хребты образовались там, где глубинные породы мантии поднимались вверх под влиянием радиоактивного разогрева. Они выжимались вверх сквозь трещины земной коры, раздвигая ее в стороны,— отсюда горизонтальное смещение окружающих материков и поднятие горных гряд в рифтовой зоне.

На океанском ложе встречаются узкие, вытянутые, с крутыми склонами и ровными вершинами плато. Они имеют глыбовую структуру — это поднятые вверх блоки земной коры, которые почти не подвержены землетрясениям. К ним относятся: хребет Ломоносова в Северном Ледовитом океане, хребет Наска в Тихом и т. д.

Есть еще одна разновидность подводных хребтов — вулканические хребты. Они образованы цепочками подводных вулканов, сидящих на общем цоколе и сомкнувшихся своими склонами. Например, Гавайский подводный хребет в Тихом океане. Он тянется на несколько тысяч километров из центральной части океана почти до Командорских островов. Вершины южной части этого хребта выступают над водой в виде Гавайских островов.

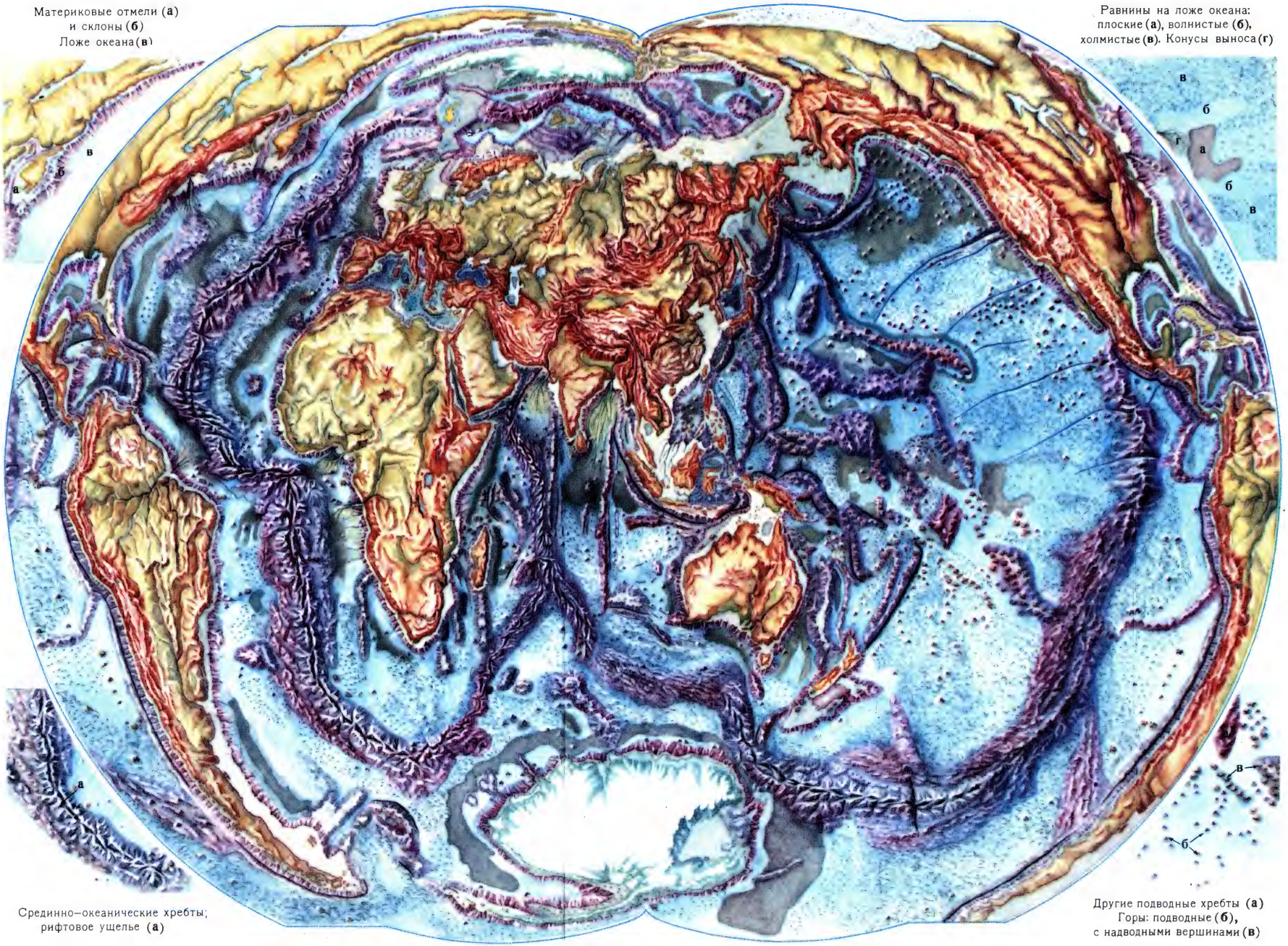
На ложе океана встречаются и так называемые валы — широкие массивные поднятия с сильно пологими склонами. Очень часто на поверхности валов располагаются конусообразные подводные горы. Как правило, это действующие или потухшие вулканы; обычно они увенчаны огромными коралловыми постройками, выступающими над поверхностью океана в виде коралловых островов — *атоллов*. Если даже потухший вулкан, прогибая своим весом земную кору, будет опускаться, непрерывно растущие кораллы поддержат существование острова. Разве что резкое похолодание вод убьет кораллы или опускание вулкана окажется столь быстрым, что они не «угонятся» за ним. В просторах океанов (особенно в Тихом) разбросано множество атоллов. Это острова Туамоту, Тубуаи, Каролинские, Маршалловы, Эллис, Гилберта, Феникс и множество одиночных атоллов. Большая часть этих островов вытянута цепочками,— значит, их вулканические основания располагаются вдоль подводных валов. Система валов делит ложе Тихого океана на несколько крупных котловин: Северо-Западную, Северо-Восточную, Марианскую, Центральную, Южную, Беллинсгаузена, Чилийскую, Панамскую.

Есть еще одна замечательная особенность строения океанского ложа — так называемые зоны разломов. Это узкие и необычайно длинные полосы сложно раздробленного дна: то крутые сбросовые уступы, то гребни и желоба, то просто сложно расчлененный рельеф. Они тянутся на сотни и тысячи километров. Зоны разлома говорят о том, что когда-то отдельные глыбы или плиты смещались относительно друг друга; в результате в земной коре образовались швы. Смещения могли быть как в горизонтальном направлении, местами на сотни километров, так и в вертикальном — на сотни и даже на две-три тысячи метров. Сейчас считают, что главной причиной образования зон разломов послужило неравномерное раздвижение земной коры в сторону от рифтовых зон срединно-океанических хребтов.

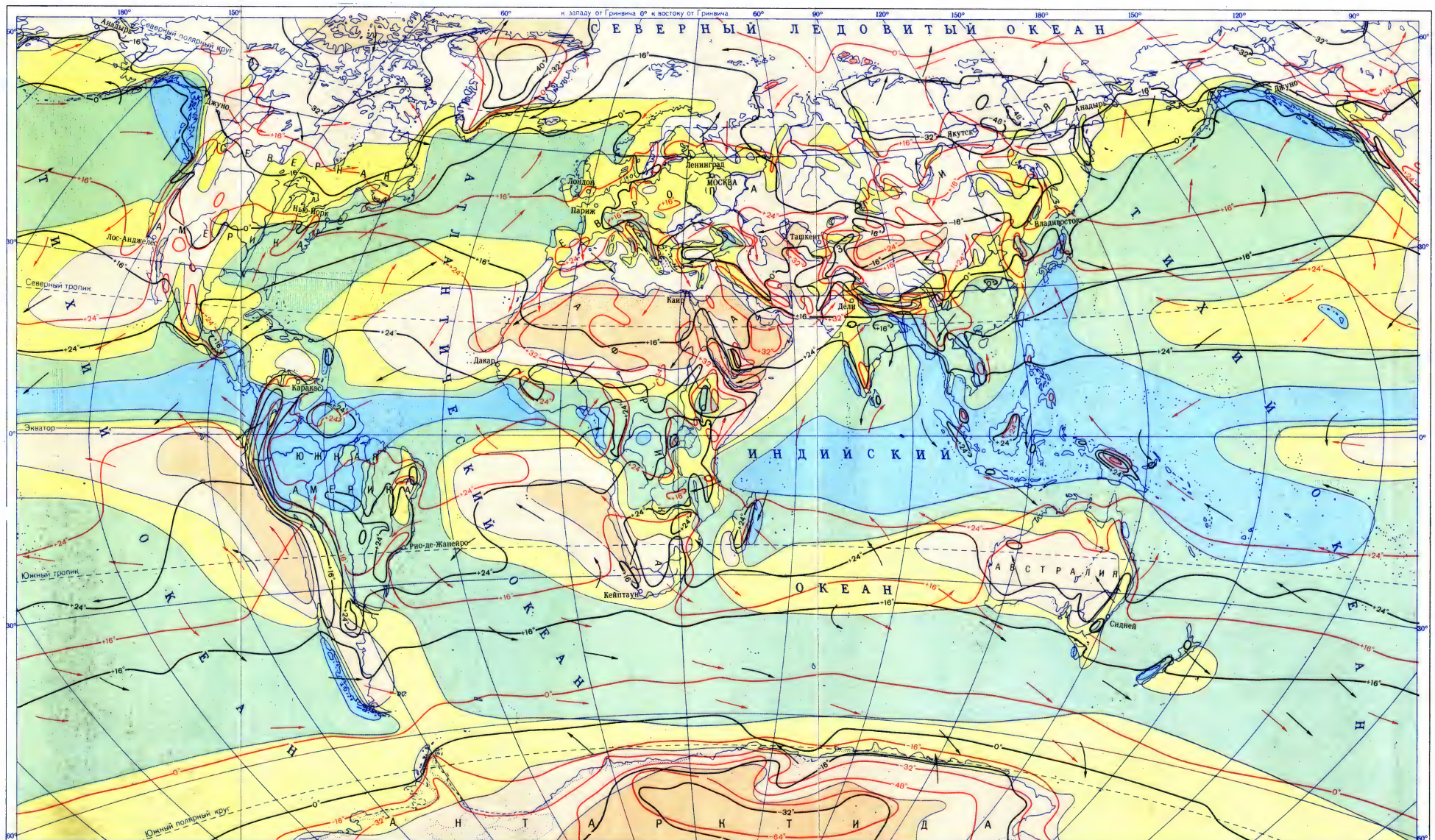
Осадки Мирового океана

Все те крупные формы рельефа подводного мира, о которых мы говорили, созданы силами внутреннего развития Земли: тектоническими движениями и вулканизмом. Они меняются под воздействием водной толщи океана и происходящих в ней процессов. Морские волны срезают у берегов даже твердые скалы, засыпают песком и илом впадины и долины. Однако основная часть осадков, которая создается при разрушении берегов и выносится в море реками, не удерживается вблизи берега и откладывается за пределами материковой отмели. Особенно много осадков сбрасывается в виде стремительных мутных потоков (их называют суспензионными) через подводные каньоны материкового склона. На материковом склоне осадки тоже большей частью не задерживаются — они сползают в виде оползней либо выносятся течениями в открытый океан. Там они осаждаются в огромных толщах близ подножия материкового склона, а частич-

Рельеф дна мирового океана



Климатическая карта мира



«Витязь» — морское исследовательское судно, целый плавучий научный институт с многочисленными лабораториями.

но выносятся течениями далеко в центральные части океана.

За пределами берегов и отмелей, там, где волны уже перестают действовать на дно, осадки накапливаются очень медленно и неравномерно: за тысячу лет от 0,3—0,4 мм до десятков сантиметров. Поэтому-то в одних районах сложный тектонический и вулканический рельеф долго сохраняется, а в других быстро выравнивается.

Различают четыре основных типа донных осадков: *терригенные* — сносимые с суши, *биогенные* — от остатков живых организмов, *хемогенные* — выпадающие из растворов химическим путем и *вулканогенные* — изверженные вулканами. Скорость накопления различных осадков зависит от расстояния до суши, географической широты, от глубины океана и характера подводного рельефа, от течений. Например, терригенные осадки, как правило, быстрее накапливаются вблизи берегов, образуя вокруг материков характерный пояс мощных осадочных толщ. Биогенные осадки накапливаются быстро там, где условия благоприятствуют бурному развитию жизни. Например, в антарктических водах бурно развиваются мелкие диатомовые водоросли с кремнистым панцирем. Отмирая, они образуют диатомовый ил, окружающий Антарктиду. В тропических водах главным образом оседают известковые илы из мелких раковинок простейших организмов — фораминифер и птеропод, а также обломков кораллов. Биогенные осадки в открытых частях океанов накапливаются почти в 10 раз быстрее, чем выносимые туда течениями терригенные осадки.

Хемогенные осадки в открытом океане накапливаются очень медленно, но в некоторых обособленных частях морей и океанов, где вода быстро испаряется, они могут осаждаться быстро. Так, в Каспийском море в заливе Кара-Богаз-Гол за сто лет осаждается несколько сантиметров соли. В открытом океане хемогенные осадки встречаются в виде фосфатных и железо-марганцевых конкреций — шарообразных скоплений. Это ценное сырье для добычи фосфатных удобрений, железа, марганца, меди, молибдена, никеля и кобальта. Как химическое сырье ценны соли Кара-Богаз-Гола и залива Сиваш.

Вулканогенные осадки накапливаются большей частью вблизи вулканов, но они также разносятся течениями далеко по океану — насыщенное пузырьками газов вулканическое стекло (пемза) обладает хорошей плавучестью. Большое количество пепла при сильных взрывах вулканов выбрасывается в воздух и разносится ветром на далекие расстояния над океаном.

Океанские течения перемещают взвешенную в воде муть на большие расстояния, и по их пути откладываются мощные полосы осадков. Особенно ярко выражены они вдоль сильных течений — Куро-Сио, Гольфстрима и Экваториального. Суспензионные потоки, о которых мы уже говорили, движутся непосредственно по дну и, вынося с мелководий огромные количества взвешенного материала, быстро заполняют понижения дна. Благодаря им на дне глубоких океанских котловин часто можно встретить идеально плоские равнины. Осадки, выпадающие из толщи воды, обычно покрывают неровности дна более или менее равномерно.

В отдаленных от берега частях океанов, куда течения не заносят терригенный материал, а количество живых организмов в воде не так велико, образуются характерные осадки — красные глубоководные глины. В них смешиваются осадки всех типов. Красная окраска их связана с химическим выпадением окислов железа и марганца. Образуются эти глины крайне медленно.

Будущее освоение океана

Шаг за шагом проникаем мы в тайны подводного мира. Нам открываются сокровища океанских просторов, и все чаще и чаще обсуждают ученые перспективы освоения кладов, лежащих в пучинах океана. В связи с этим рождается множество проектов. Некоторые из них уже начинают осуществляться. Полным ходом идет добыча соли из отложений морских заливов. Строятся электростанции, которые будут использовать энергию приливных волн. Сотни скважин на материковой отмели уже поставляют нефть и газ. Издавна славятся нефтя-

ными богатствами подводные равнины Каспийского моря, Мексиканского залива и прибрежной отмели Калифорнии, но вот совсем недавно найдены нефть и газ на дне Северного моря. Англия уже получает для промышленных и бытовых нужд природный газ со дна моря. Всерьез подсчитывают экономическую выгоду добычи со дна Тихого океана железо-марганцевой руды. Интенсивно разрабатываются рудные пески на пляжах некоторых побережий — в Японии, в Индонезии, в нашей стране. Пройдет десять — двадцать лет, и подводный мир нашей планеты станет служить человеку так же, как служит давно обитаемая суша. Но для этого исследователям океанов нужно еще очень много сделать.

Землетрясения

«В 5 часов 20 минут земля вздрогнула; ее первая судорога длилась почти десять секунд: треск и скрип оконных рам, дверных колод, звон стекол, грохот падающих лестниц разбудили спящих... Как бумажный, разрывался потолок... в темноте все качалось, падало... Земля глухо гудела... Вздрогнув и пошатываясь, здания наклонялись, по их белым стенам, как молнии, змеились трещины, и стены рассыпались, заваливая узкие улицы и людей среди них тяжелыми грудами острых кусков камня...

Все море качается, как огромная чаша, готовая опрокинуться на остатки города...

Поднялась к небу волна высотой неизмеримой, закрыла грудью половину неба и, качая белым хребтом, согнулась, переломилась, упала на берег и страшной тяжестью своей покрыла трупы, здания, обломки, раздавила, задушила живых и, не удержавшись на берегу, хлынула назад, увлекая за собой все схваченное».

Так Алексей Максимович Горький описывал землетрясение, происшедшее в итальянском городе Мессине 23 декабря 1908 г.

Что же было причиной этой катастрофы?

Представьте себе стол, на котором построена игрушечная страна, насыпаны песчаные горы, вместо озера стоят блюдца с водой; у подножия горы сложен город из кубиков. Как можно сразу разрушить все это сооружение? Для этого достаточно сильно ударить по столу — и игрушечной страны не станет. Она разрушится, если удар нанести снизу, даже не прикасаясь ни к одной из игрушечных построек. Значит, главной причиной «катастрофы» будет вызванное ударом сотрясение стола.

Точно так же сильные толчки в самой Земле могут встряхнуть и разрушить здания в городах, всколыхнуть воды океана, рассечь поверхность Земли огромными трещинами.

Где и отчего происходят землетрясения

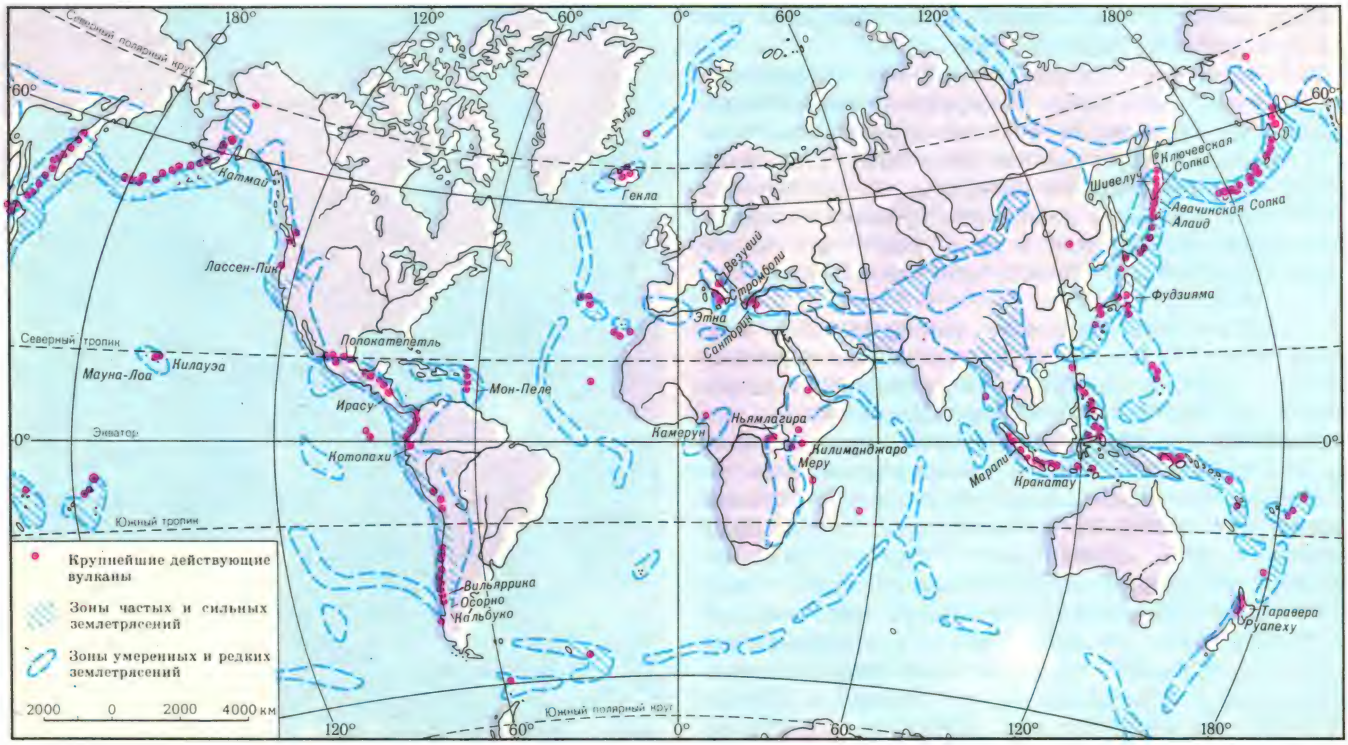
Физико-химические процессы, происходящие внутри Земли, вызывают изменения физического состояния Земли, объема и других свойств вещества. Это приводит к накапливанию упругих напряжений в какой-либо области земного шара. Когда упругие напряжения превысят предел прочности вещества, произойдет разрыв и перемещение больших масс земли, которое будет сопровождаться сотрясениями большой силы. Вот это и вызывает сотрясение Земли — *землетрясение*.

Землетрясения происходят на Земле не повсеместно. Они концентрируются в сравнительно узких поясах, приуроченных в основном к высоким горам или глубоким океаническим желобам. Первый из них — Тихоокеанский — обрамляет Тихий океан; второй — Средиземнотрансазиатский — простирается от середины Атлантического океана через бассейн Средиземного моря, Гималаи, Восточную Азию вплоть до Тихого океана; наконец, Атлантоарктический пояс захватывает срединный Атлантический подводный хребет, Исландию, остров Ян-Майен и подводный хребет Ломоносова в Арктике и т. д.

Землетрясения происходят также в зоне африканских и азиатских впадин, таких, как Красное море, озера Танганьика и Ньяса в Африке, Иссык-Куль и Байкал в Азии.

Дело в том, что высочайшие горы или глубокие океанические желоба в геологическом масштабе являются молодыми образованиями, находящимися в процессе формирования. Земная кора в таких обла-

Мировая карта землетрясений и вулканов.



стях подвижна. Подавляющая часть землетрясений связана с процессами горообразования. Такие землетрясения называют *тектоническими*. Ученые составили специальную карту, на которой показано, какой силы землетрясения бывают или могут быть в разных районах нашей страны: в Карпатах, в Крыму, на Кавказе и в Закавказье, в горах Памира, Копет-Дага, Тянь-Шаня, Западной и Восточной Сибири, Прибайкалье, на Камчатке, Курильских островах и в Арктике.

Бывают еще и *вулканические* землетрясения. Лава и раскаленные газы, бурлящие в недрах вулканов, давят на верхние слои Земли, как пары кипящей воды на крышку чайника. Вулканические землетрясения довольно слабы, но продолжаются долго: недели и даже месяцы. Замечены случаи, когда они возникают до извержения вулканов и служат предвестниками катастрофы.

Сотрясения земли могут быть также вызваны обвалами и большими оползнями. Это местные *обвальные* землетрясения.

Как правило, сильные землетрясения сопровождаются повторными толчками, мощность которых постепенно уменьшается.

При тектонических землетрясениях происходят разрывы или перемещения горных пород в каком-нибудь месте в глубине Земли, называемом *очагом землетрясения* или *гипоцентром*. Глубина его обычно достигает нескольких десятков километров, а в отдельных случаях и сотен километров. Участок Земли, расположенный над очагом, где сила подземных толчков достигает наибольшей величины, называется *эпицентром*.

Иногда нарушения в земной коре — трещины, сбросы — достигают поверхности Земли. В таких случаях мосты, дороги, сооружения оказываются разорванными и разрушенными. При землетрясении в Калифорнии в 1906 г. образовалась трещина протяженностью в 450 км. Участки дороги около трещины сместились на 5—6 м. Во время Гобийского землетрясения (Монголия) 4 декабря 1957 г. возникли трещины общей протяженностью 250 км. Вдоль них образовались уступы до 10 м. Бывает, что после землетрясения большие участки земли опускаются и заливаются водой, а в местах, где уступы пересекают реки, появляются водопады.

В мае 1960 г. на Тихоокеанском побережье Южной Америки, в Чили, произошло несколько очень сильных и много слабых землетрясений. Самое сильное из них, в 11—12 баллов, наблюдалось 22 мая: в течение 1—10 секунд было израсходовано колоссальное количество энергии, таившейся в

недрах Земли. Такой запас энергии Днепрогэс могла бы выработать лишь за много лет.

Землетрясение произвело тяжелые разрушения на большой территории. Пострадало более половины провинций Чили, погибло не менее 10 тыс. человек, и более 2 млн. осталось без крова. Разрушения охватили Тихоокеанское побережье на протяжении более 1000 км. Были разрушены крупные города — Вальдивия, Пуэрто-Монт и др. В результате чилийских землетрясений начали действовать четырнадцать вулканов.

Когда очаг землетрясения находится под морским дном, на море могут возникнуть огромные волны — цунами, которые иногда приносят разрушений больше, чем само землетрясение. Волны, вызванные 22 мая 1960 г. чилийским землетрясением, распространились по Тихому океану и достигли через сутки противоположных его берегов. В Японии высота их достигла 10 м. Прибрежная полоса была затоплена. Суда, находившиеся у берегов, были выброшены на сушу, а часть построек унесена в океан.

Крупная катастрофа, постигшая человечество, случилась также 28 марта 1964 г. у побережья полуострова Аляска. Это сильнейшее землетрясение разрушило г. Анкоридж, расположенный в 100 км от эпицентра землетрясения. Почва была вспахана серией взрывов и оползней. Крупные разрывы и перемещения по ним блоков земной коры дна залива вызвали огромные морские волны, достигающие у побережья США 9—10 м высоты. Эти волны со скоростью реактивного самолета прошли вдоль побережья Канады и США, сметая все на своем пути.

Как же часто на Земле происходят землетрясения? Современные точные приборы фиксируют ежегодно более 100 тыс. землетрясений. Но люди ощущают около 10 тыс. землетрясений. Из них примерно 100 бывают разрушительными.

Оказывается, что сравнительно слабые землетрясения излучают энергию упругих колебаний, равную 10^{12} эрг, а самые сильные — до 10^{27} эрг. При таком большом диапазоне практически удобнее пользоваться не величиной энергии, а ее логарифмом. На этом основана шкала, в которой энергетический уровень самого слабого землетрясения (10^{12} эрг) принимают за ноль, а примерно в 100 раз более сильному соответствует единица; еще в 100 раз большему (в 10 000 раз большему по энергии, чем нулевое) соответствуют две единицы шкалы и т. д. Число в такой шкале называют *магнитудой* землетрясения и обозначают буквой *M*.

Таким образом, магнитуда землетрясения характеризует количество упругой энергии колебаний, выделяемых во все стороны очагом землетрясения.

На рассвете 26 июля 1963 г. сильные подземные толчки потрясли югославский город Скопле. В несколько секунд было разрушено 85% зданий; под их обломками погибла тысяча человек. До этого Скопле дважды подвергался землетрясениям: в 1518 г. и 1904 г.

Снимок сделан в последнее мгновение перед тем, как рухнуло здание, разрушенное землетрясением в 1948 г., которое поразило японский город Фукуи.

Землетрясение в Северной Африке.

Эта величина не зависит ни от глубины очага под земной поверхностью, ни от расстояния до пункта наблюдений. Например, магнитуда *(M)* Чилийского землетрясения 22 мая 1960 г. близка к 8,5, а Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. — к 5,3.

Сила сотрясения, или сила проявления землетрясения на земной поверхности, определяется *баллами*. Наиболее распространенной является 12-балльная шкала. Переход от неразрушительных к разрушительным сотрясениям соответствует 7 баллам.

Сила проявления землетрясения на поверхности Земли в большей степени зависит от глубины очага: чем ближе очаг к поверхности Земли, тем сила землетрясения в эпицентре больше. Так, югославское землетрясение в Скопле 26 июля 1963 г. с магнитудой на три-четыре единицы меньше, чем у чилийского землетрясения (энергия в сотни тысяч раз меньше), но с малой глубиной очага вызвало катастрофические последствия. В городе 1000 жителей было убито и более $^3/_4$ зданий разрушено. Разрушение на поверхности Земли зависит помимо энергии, выделившейся при землетрясении, и глубины очага еще от качества грунтов. Наибольшие разрушения происходят на рыхлых, сырых и неустойчивых грунтах. Имеет значение и качество наземных построек.

Ташкент. Последствия землетрясения 1966 г. Внизу — та же улица, восстановленная после землетрясения. Теперь этому зданию не страшны подземные толчки, так как оно построено с применением особых строительных материалов и конструкций.

Как изучают землетрясения

Информация, полученная при регистрации землетрясений, очень важна для науки, она дает сведения как об очаге землетрясения, так и о строении земной коры в отдельных областях и Земли в целом. Примерно через 20 мин после сильного землетрясения о нем узнают сейсмологи всего земного шара. Для этого не нужно ни радио, ни телеграфа.

Как это происходит? При землетрясении перемещаются, колеблются частицы горных пород. Они толкают, колеблют соседние частицы, которые передают колебания еще дальше в виде упругой волны.

Таким образом, сотрясение как бы передается по цепочке и расходится в виде упругих волн во все стороны. Постепенно, по мере удаления от очага землетрясения, волна ослабевает.

Известно, например, что упругие волны передаются по рельсам далеко вперед от мчащегося поезда, наполняя их ровным, чуть слышным гулом. Упругие волны, которые возникают при землетрясении, называются *сейсмическими*. Они регистриру-

Характеристика землетрясения в баллах.

1—3 балла. Не ощущается. Отмечается только специальными приборами.

4 балла. Слышен скрип половиц, балок, звон посуды, дрожание мебели. Внутри здания сотрясение ощущается большинством людей.

5 баллов. Чувствуются толчки, как от падения тяжелых вещей. Лопаются оконные стекла, качается мебель. Ощущается и вне зданий.

6 баллов. Разрушаются очень ветхие здания. Ощущается всеми людьми.

7—8 баллов. Разваливаются прочные каменные ограды, падают фабричные трубы. Разрушаются некоторые крепкие здания. На почве могут появиться небольшие трещины.

9—10 баллов. Разрушаются прочные деревянные дома и мосты. Повреждаются насыпи плотины и дамбы. Возникают оползни и обвалы, трещины и изгибы в почве. Из рек и озер выплескивается вода.

11 баллов. Каменные постройки разваливаются. Разрушаются дороги, плотины, насыпи, мосты. Образуются широкие трещины со сдвигами.

12 баллов. Разрушаются сооружения. Отдельные предметы подбрасываются при толчках. Преображается вся местность. Изменяются русла рек. Образуются водопады. На поверхности грунта видны земляные волны.

ются сейсмографами на сейсмических станциях всего земного шара. Сейсмические волны, идущие от очага землетрясения к сейсмическим станциям, проходят через толщи Земли, которые недоступны для прямого наблюдения. Характеристики зарегистрированных сейсмических волн — время их появления, амплитуда, период колебаний и другие параметры — позволяют определять положение эпицентра землетрясения, его магнитуду, возможную силу в баллах. Сейсмические волны несут и информацию о строении Земли. Расшифровать сейсмограмму — все равно что прочитать рассказ сейсмических волн о том, что они встретили в глубине Земли. Это сложная, но увлекательная задача. При землетрясении вдоль поверхности Земли, как и вдоль океанов, распространяются очень длинные поверхностные сейсмические волны с периодами от нескольких секунд до нескольких минут. Эти волны по нескольку раз обегают вокруг Земли. Распространяясь от эпицентра навстречу друг другу, они заставляют колебаться весь земной шар в целом. Земной шар начинает «звучать», как гигантский колокол, когда по нему ударят, и таким ударом для Земли служит сильное землетрясение. В последние годы установлено, что основной тон такого «звучания» (колебания) имеет период около одного часа и регистрируется особо чувствительной аппаратурой. Эти данные путем сложных расчетов на электронно-вычислительной машине позволяют делать выводы о физических свойствах нашей планеты, определять строение оболочки или мантии Земли на глубине в сотни километров.

В особом приборе — *сейсмографе*, отмечающем землетрясения, используется свойство инерции. Главная часть сейсмографа — маятник — представляет собой груз, подвешенный на пружине к штативу. Когда почва колеблется, маятник сейсмографа отстает от ее движения. Если к маятнику прикре-

Ежегодно на земном шаре происходит более 100 тыс. землетрясений.

Последствия землетрясения — искривленные рельсы и глубокая трещина.

пить иглу и к ней прижать закопченное стекло так, чтобы игла лишь соприкасалась с его поверхностью, получится наиболее простой сейсмограф, которым пользовались раньше. Почва, а вместе с ней штатив и стеклянная пластинка колеблются, маятник и игла вследствие инерции остаются неподвижными. На закопченной поверхности игла прочертит кривую колебания поверхности Земли в данной точке.

Если вместо иглы к маятнику прикрепить зеркало и направить на него луч света, то отраженный луч — «зайчик» — будет воспроизводить колебания почвы в увеличенном виде. Такой «зайчик» направляют на равномерно движущуюся ленту фотобумаги; после проявления на этой ленте можно видеть записанные колебания — кривую колебаний Земли во времени — *сейсмограмму*.

Новый шаг в мировой сейсмологии сделал еще в 1902 г. академик Б. Б. Голицын, который предложил способ преобразования механических колебаний сейсмографа в электрические и регистрацию их с помощью зеркальных гальванометров.

Такой принцип в дальнейшем был заложен во все системы сейсмографов как в СССР, так и за рубежом. Это позволило создать очень чувствительные приборы, с помощью которых можно регистрировать землетрясения в любой точке земного шара.

Можно ли ослабить вредные последствия землетрясений

На карте сейсмического районирования СССР указаны зоны и возможная в них сила будущих сотрясений. Предсказать же, когда произойдут они, ученые пока еще не могут. Это трудно, потому что землетрясения зарождаются в недоступных глубинах Земли, а силы, вызывающие их, накапливаются очень медленно. Несомненно, в будущем ученые научатся предсказывать время наступления землетрясений. Сейчас можно только ослабить последствия землетрясений. Для этой цели в районах, которым они угрожают, строительство ведется по специально разработанным правилам. Применяются особые строительные материалы и конструкции. Возводятся устойчивые, прочные здания, рассчитанные на возможную балльность землетрясения в данной зоне. Так, Ташкент по сейсмическому районированию находится в 8-балльной зоне, и сейсмические здания, построенные с учетом этого, во время землетрясений 1966 г. почти не пострадали.

В настоящее время на земном шаре постоянно действует около 1000 сейсмических станций, оборудованных различными системами сейсмографов и непрерывно регистрирующих землетрясения.

На центральной сейсмической станции «Москва» при Институте физики Земли АН СССР создана специальная Служба срочных донесений о сильных землетрясениях. Она сообщает о месте, времени и силе случившегося землетрясения.

На Камчатке и Курильских островах в 1960 г. была организована Служба предупреждения цунами, которая работает в контакте с такими же службами Японии и США.

Население, предупрежденное заранее о приближающемся цунами, уходит в безопасные места, а суда выводятся в открытое море, где волны цунами большой длины им не опасны.

Землетрясения, которые приносят человечеству огромный вред, раскрывают нам свои тайны. Надо только полнее использовать информацию, которую несут сейсмические волны, изучать строение Земли и отдельных ее районов, выявлять режим работы очагов в каждой зоне и находить предвестники землетрясений. Необходимо строить здания с обязательным учетом сейсмических особенностей районов. Таков путь, по которому идут сейсмологи всего мира.

Вулканы и гейзеры

Под давлением газов, вырывающихся из недр Земли, выбрасываются густые черные тучи пепла. Потоки лавы сбегают по склонам.

Современная вулканическая деятельность

В Тирренском море, в группе Липарских островов, есть небольшой остров Вулькано. Еще в незапамятные времена люди наблюдали, как из вершины огромной горы на острове иногда вырывались огонь и облака черного дыма и на большую высоту выбрасывались раскаленные камни.

Древние римляне считали этот остров входом в ад, а также владением бога огня и кузнечного ремесла Вулкана.

По имени этого бога огнедышащие горы впоследствии стали называть вулканами.

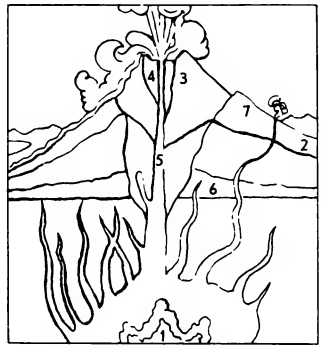
Извержение вулкана может продолжаться несколько дней, иногда месяцев и даже лет. После сильного извержения вулкан снова успокаивается на несколько лет и даже десятилетий. Такие вулканы называются *действующими*.

Есть вулканы *потухшие*, которые извергались в давно прошедшие времена, и о их деятельности не сохранилось никаких сведений. К ним относятся, например, у нас на Кавказе Эльбрус и Казбек, вершины которых покрыты сверкающими, ослепительно белыми ледниками.

В древних вулканических областях встречаются сильно разрушенные и размытые вулканы. Некоторые потухшие вулканы сохранили форму правильного конуса. В нашей стране остатки древних вулканов можно увидеть в Крыму, Забайкалье и в других местах.

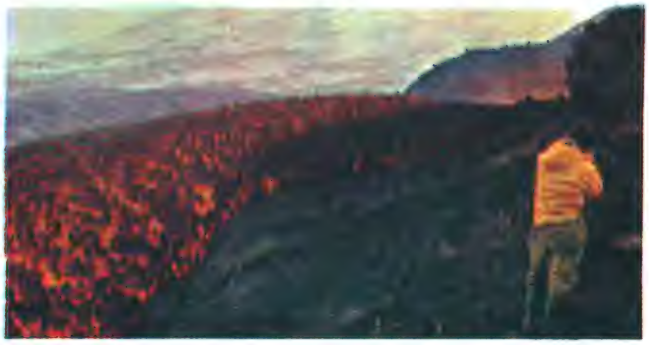
Вулканы обычно имеют форму конуса со склонами, пологими у подошв и более крутыми у вершин. Если подняться на вершину действующего вулкана, когда он спокоен, то можно увидеть *кратер* — глубокую впадину с обрывистыми стенками, похожую на гигантскую чашу. Дно кратера покрыто обломками крупных и мелких камней, а из трещин поднимаются струи газа и пара. Одни струи поднимаются спокойно, другие вырываются с шипением и свистом. Кратер наполняют удушливые газы, образующие облачко на вершине вулкана. Так месяцы и годы вулкан может спокойно куриться, пока не произойдет извержение. Вулканологи разработали способы, которые дают возможность предсказывать извержения вулкана. Извержению часто предшествуют землетрясения, подземный гул, усиленное выделение паров и газов, сгущаются облака над вершиной вулкана, а его склоны начина-

Вулканы обычно имеют форму конуса со склонами, пологими у подошв и более крутыми у вершин. На схеме — разрез действующего вулкана.



Разрез вулкана: 1 — очаг магмы; 2 — потоки лавы; 3 — конус; 4 — кратер; 5 — канал, по которому газы и магма поднимаются к кратеру; 6 — слои лавовых потоков, пепла, лапиллей и рыхлых материалов более ранних извержений; 7 — остатки старого кратера вулкана.

Переливаясь через края кратера, бурлящая огненно-жидкая лава устремляется по склонам, сжигая все на своем пути. Если лава обладает большой вязкостью, она нагромождается вокруг жерла в виде вулканического купола.



Ученые-вулканологи постоянно наблюдают за вулканами. Замер температуры грязевого вулкана.

Жерло грязевого вулкана. Из него периодически извергается жидкая грязь. Наиболее интересны грязевые вулканы Керченского, Таманского и Апшеронского полуостровов.

ют «вспучиваться». Под давлением газов, вырывающихся из недр Земли, дно кратера взрывается. Из черных, густых туч вместе с огнем, пеплом и раскаленными камнями выпадают ливневые дожди, образуются потоки грязи, которые скатываются по склонам и заливают окрестность. Вулкан грохочет и дрожит, по его жерлу поднимается бурлящая огненно-жидкая лава. Переливаясь через края, она устремляется по склонам, сжигая и уничтожая все на своем пути.

Если лава обладает большой вязкостью, она изливается не жидким потоком, а нагромождается вокруг жерла в виде вулканического купола. При обвалах или взрывах с краев такого купола обрушиваются раскаленные каменные лавины, которые могут также вызвать большие разрушения у подножия вулкана.

При более слабых извержениях в кратере вулкана происходят только периодические взрывы газов.

Извержения вулканов происходят также на дне морей и океанов. Об этом узнают мореплаватели, когда внезапно видят над водой столб пара или плавающую на поверхности «каменную пену» — пемзу.

Иногда суда наталкиваются на неожиданно появившиеся мели, образованные новыми вулканами на дне моря. Со временем эти мели размываются морскими волнами и бесследно исчезают. Конусы некоторых подводных вулканов выступают над поверхностью воды в виде островов.

В древности люди не умели объяснить причины извержения вулканов. Это грозное явление природы повергало человека в ужас. Однако уже древние греки и римляне, а позже арабы пришли к мысли, что в глубине Земли находится море подземного огня, что волнения этого моря и вызывают извержения вулканов.

Ученые-вулканологи постоянно наблюдают за вулканами. Вблизи некоторых действующих вулканов организованы вулканологические станции — обсерватории. В СССР такие станции устроены на Камчатке у подножия Ключевского вулкана в селении Ключи и на склоне вулкана Авача. Вулканологи исследуют также потухшие и разрушенные вулканы. Накопление таких наблюдений и знаний очень важно для геологии. Вулканы, действовавшие десятки миллионов лет назад и почти сровнявшиеся с поверхностью Земли, помогают ученым установить, каким образом расплавленные массы из недр Земли проникают в твердую земную кору и что получается от их соприкосновения с горными породами. Обычно в местах такого контакта в резуль-

Исландия — остров со многими действующими вулканами. Внизу — Фудзияма — действующий вулкан на острове Хонсю.

Остров Ява отличается активной вулканической деятельностью. На нем более 50 действующих вулканов.

Внизу — удивительное и грозное зрелище: лава, двигающаяся по дороге со скоростью 5 км в час!

Извержение Везувия близ Неаполя в 1944 г. При этом сильно пострадали окрестности. Раскаленные потоки лавы разрушили несколько деревень.

тате химических процессов образуются руды железа, меди, цинка и др.

Струи пара и вулканических газов в кратерах вулканов, которые называются *фумаролами*, выносят с собой некоторые вещества в растворенном состоянии. В трещинах кратера и около него, вокруг фумарол, отлагаются сера, нашатырь, борная кислота, которые используются в различных отраслях промышленности.

Вулканический пепел и лава содержат много калия и со временем превращаются в плодородные почвы. Поэтому, хотя в окрестностях вулканов жить небезопасно, там почти всегда вырастают селения и города.

Причины вулканических извержений

Отчего же происходят извержения вулканов и откуда берется такая огромная энергия внутри земного шара?

Открытие радиоактивности некоторых химических элементов, особенно урана и тория, заставляет думать, что внутри Земли накапливается тепло от распада радиоактивных элементов. Изучение атомной энергии еще больше подтверждает этот взгляд.

Накопленное в глубине Земли тепло раскаляет вещество земного ядра. Температура его так высока, что это вещество должно было бы расплавиться, но под давлением верхних слоев земной коры оно удерживается в твердом состоянии. В тех местах, где давление верхних слоев ослабевает в связи с движением земной коры и образованием трещин, раскаленные массы переходят в жидкое состояние. Масса расплавленной породы, насыщенная газами, образующаяся глубоко в недрах Земли, называется *магмой*. Очаги магмы располагаются под земной корой, в верхней части *мантии*, на глубине не менее 50 км. Под сильным давлением выделяющихся газов магма, расплавляя окружающие породы, прокладывает себе путь и образует *жерло*, или *канал*, вулкана. Освобождающиеся газы взрывами расчищают путь по жерлу, разламывают твердые породы и выбрасывают куски их на большую высоту. Как растворенный в шипучем напитке газ при раскупоривании бутылки стремится вырваться, образуя пену, так и в жерле вулкана пенящаяся магма стремительно выбрасывается освобождающимися из нее газами. Потеряв значительное количество

Огромное количество тепла выносят гейзеры на поверхность. Ученые и инженеры решают задачу использования тепловой энергии Земли.

газа, магма выливается из кратера и уже как лава течет по склонам вулкана. Если магма в земной коре не находит выхода на поверхность, то она жилами затвердевает в трещинах земной коры. Иногда магма внедряется по трещине, поднимает куполом землю и застывает в форме каравая хлеба.

Лава бывает разная по своему составу и в зависимости от этого может быть жидкой или густой и вязкой. Если лава жидкая, то она относительно быстро растекается, образуя на своем пути лавопады. Газы, вырываясь из кратера, выбрасывают раскаленные фонтаны лавы, брызги которой застывают в каменные капли — лавовые слезы. Густая лава течет медленно, лопается на глыбы, нагромождающиеся одна на другую, а газы, выходящие из нее, отрывают от глыб куски вязкой лавы, высоко подбрасывая их. Если сгустки такой лавы при взлете вращаются, то они принимают веретенообразную или шаровидную форму. Такие застывшие кусочки лавы различной величины называются *вулканическими бомбами*. При застывании лавы, переполненной газами, образуется каменная пена — *пемза*. Благодаря своей легкости пемза плавает на воде и при подводных извержениях всплывает на поверхность моря. Выброшенные при извержении обломки лавы величиной с горошину или лесной орех называются *лапилли*. Еще более мелкий, рыхлый изверженный материал — *вулканический пепел*. Он падает на склоны вулкана и относится ветром на большое расстояние. На поверхности Земли пепел, накопляясь и уплотняясь, постепенно превращается в туф.

На земном шаре в настоящее время известно несколько сотен действующих вулканов. Большая часть их расположена по берегам Тихого океана. Среди действующих вулканов на Камчатке выделяется Ключевская сопка. Обычно извержения ее повторяются через каждые 6—7 лет и продолжаются иногда по нескольку месяцев. Лавовые потоки нередко растекаются на полтора десятка километров вниз по склону. Высота вершины, где находится главный кратер Ключевской сопки,— 4750 м. На такой высоте образуются мощные ледники, которые при сильных извержениях тают, и тогда с горы мчатся стремительные потоки воды. Около Ключевской сопки располагается группа потухших вулканов. Один из них — вулкан Безымянный — внезапно пробудился. 30 марта 1956 г. произошел гигантский взрыв. Это было одно из крупнейших извержений за последнее столетие. Туча пепла взметнулась почти на 40 км в высоту. Через два дня этот пепел достиг Северного полюса, а через четыре он появился над Англией. На расстоянии 25—30 км от вулкана силой взрыва были сломаны и обожжены деревья. Образовался раскаленный лавовый поток шириной 20—30 м и длиной 18 км.

На площади около 500 км^2 выпал раскаленный пепел, под покровом которого снег моментально растаял, образовав огромные грязевые потоки длиной до 90 км.

На Камчатке много и других действующих вулканов. Огромной вулканической дугой тянутся они до Курильских островов. Далее вулканы поднимаются прямо из моря. На одном из северных островов находится вулкан Алаид. Его красивый снежный конус поднимается над водой почти на 2,5 км. В 1946 г. было сильное извержение на одном из центральных островов — Матуа, где расположен величественный вулкан Пик Сарычева. Когда по склонам его спускались раскаленные лавы, с моря казалось, что весь остров объят пламенем. Всего на Курильских островах насчитывается 38 действующих вулканов, а на Камчатке — 22.

На географической карте видно, что Курильские острова, расположенные дугой, примыкают к Японии. Подобную же вулканическую дугу образуют и Японские острова с многочисленными вулканами, за этой цепью следуют дуги вулканов Филиппин-

ских, Молуккских и Больших Зондских островов. Так, по всему Тихоокеанскому берегу Азии располагается цепь вулканов, переходящая через Новую Зеландию и Антарктиду на материк Америка.

В Южной Америке многочисленные вулканы — Кальбуко, Осорно, Вильяррика, Котопахи, Сангай — венчают горные цепи Анд. Много вулканов в Центральной Америке.

На Тихоокеанском побережье Северной Америки вулканы уже почти потухли. Здесь слабо действует только вулкан Лассен-Пик. От Аляски к Камчатке тянутся дугой Алеутские острова, где много действующих вулканов.

Таким образом, Тихий океан почти со всех сторон опоясан вулканами.

В Центральной части Тихого океана, на Гавайских островах, находится особого типа вулкан Килауэа. На дне его широкого плоского кратера, около 5 км в поперечнике, среди застывших глыб черной лавы во время извержений появляется огненное озеро расплавленной лавы шириной 700—800 м. Выделяющиеся из жидкой лавы газы приводят ее в постоянное движение. Ночью это очень красивое зрелище. Поверхность озера, остывая, покрывается каменной коркой, которую прорывают выделяющиеся газы, образуя подвижную сеть извилистых огненных трещин. Из этих трещин время от времени поднимаются фонтаны огненно-жидкой лавы. Уровень лавового озера то понижается, то повышается. Иногда лава переполняет кратерное озеро, переливается через края и растекается по всему кратеру.

Таких вулканов с лавовыми озерами в кратере немного: на Гавайских островах — Мауна-Лоа и Килауэа и в Африке — Ньямлагира.

Среди Антильских островов в Атлантическом океане есть остров Мартиника со страшным вулканом Мон-Пеле. В 1902 г. при его извержении из кратера вырвалась огромная туча из раскаленных газов и тонкого пепла. С огромной скоростью она катилась по склону горы, оставляя на своем пути опустошение и смерть. В течение нескольких минут цветущий город Сен-Пьер у подножия Мон-Пеле был уничтожен. Погибло все население города — около 30 тыс. жителей.

На севере Атлантического океана находится остров Исландия со многими действующими вулканами, изливавшими в разное время огромное количество жидких лав. Среди вулканов Исландии широко известен действующий вулкан Гекла.

В Средиземном море с давних времен не успокаиваются вулканы Этна, Везувий, Стромболи, Вулькано. Сильное извержение Везувия в 79 г. произошло неожиданно: до этого времени Везувий считали потухшим вулканом. Лава и пепел покрыли склоны и окрестности Везувия, при этом погибли три города — Помпея, Геркуланум и Стабия.

В недрах вулканов содержится огромное количество тепловой энергии. Часть этого тепла выносится на поверхность Земли. Ученые и инженеры уже решают задачу использования этой тепловой энергии. На Камчатке введена в строй первая в нашей стране небольшая паротермальная ГЭС на горячих водах Паужегских источников.

Как действуют гейзеры

Гейзеры — это периодически фонтанирующие горячие источники, распространенные в областях современной или недавно прекратившейся вулканической деятельности. Со взрывом и грохотом огромный столб кипящей воды, окутанный густыми клубами пара, взлетает вверх, достигая иногда 80 м. Фонтан бьет некоторое время, затем исчезает, клубы пара рассеиваются, и наступает покой.

Некоторые гейзеры выбрасывают воду совсем невысоко или только разбрызгивают ее. Бывают горячие источники, похожие на лужи, в которых вода кипит пузырями. Обычно вокруг гейзера есть бассейн или неглубокий кратер поперечником в несколько метров. Края такого бассейна и прилегающей к нему площадки покрыты отложениями содержащегося в кипятке кремнезема. Эти отложения называются *гейзеритом*. Около некоторых гейзеров образуются конусы из гейзерита высотой до нескольких метров.

Перед началом извержения вода поднимается, медленно заполняет бассейн, бурлит, выплескивается, затем высоко со взрывом взлетает фонтан кипятка. Тотчас после извержения гейзера бассейн освобождается от воды, и на дне его можно увидеть заполненный водой канал — жерло, уходящее глубоко в землю.

Гейзеры — очень редкое и красивое явление природы. Они есть на Камчатке, в одном из районов Тибета на высоте 4700 м, в Исландии, Новой Зеландии и Северной Америке. Небольшие одиночные гейзеры встречаются в некоторых других вулканических областях земного шара.

В восточной части Камчатки, южнее Кроноцкого озера, протекает река Гейзерная. Начинается эта река на безжизненных склонах потухшего вулкана Кихпиныч и в нижнем течении образует долину шириной до 3 км. В этой долине встречается много горячих ключей, горячих и теплых озер и т. д.

Здесь известно около 20 крупных гейзеров, не считая мелких, выплескивающих воду вверх всего на несколько сантиметров. Почва около них теплая, а иногда и горячая. Многие гейзеры окружены натеками разноцветного гейзерита, которые покрывают иногда большие площади. Так, например, около самого большого камчатского гейзера Великан, выбрасывающего фонтан высотой в несколько десятков метров, образовалась площадка гейзерита примерно в гектар. Она вся покрыта натеками в виде маленьких каменных розочек серовато-желтого цвета. Неподалеку находится гейзер Жемчужный, названный так по форме и цвету отложений гейзерита. Гейзер Сахарный окружен красивыми отложениями нежно-розового гейзерита. Это пульсирующий источник. Вода из него выплескивается равномерными толчками. Гейзер Первенец находится на каменистой горячей площадке почти на самом берегу реки Шумной, недалеко от устья Гейзерной. Бассейн Первенца диаметром и глубиной около полутора метров окружают крупные глыбы камней. Если заглянуть в него тотчас после извержения, можно увидеть, что в нем совершенно нет воды, а на дне видно отверстие, или канал, косо уходящий в глубину. Через несколько минут из-под земли доносится гул, похожий на шум мотора: по каналу начинает подниматься вода, постепенно наполняющая бассейн. Она кипит, доходит до краев бассейна, поднимается все выше и выше, выплескивается, и, наконец, со взрывом вырывается косо направленный столб кипятка, окутанный густыми облаками пара. Фонтан высотой 15—20 м бьет 2—3 мин, затем исчезает, пар рассеивается.

С давних пор славится своими горячими источниками, кипящими реками и гейзерами Исландия. В долинах большинства ее рек видны поднимающиеся облачка паров от кипящих ключей и гейзеров. Они особенно многочисленны в юго-западной части острова. Интересен знаменитый Большой Гейзер с диаметром бассейна около 18 м. Гладкое дно бассейна в центре переходит в округлое жерло около 3 м в диаметре, по форме похожее на раструб пионерского горна. Извержения Большого Гейзера очень красивы. Они повторяются через каждые 20—30 ч и длятся около 3 ч. Высота фонтана достигает 30 м. Жители суровой Исландии используют горячие источники для выращивания в теплицах овощей и фруктов. Столица Исландии Рейкьявик и большинство городов и поселков полностью отапливаются водами горячих источников.

На острове Северном в архипелаге Новая Зеландия до 1904 г. действовал гейзер Ваймангу. Это был самый большой гейзер в мире. Во время сильного извержения его струя выбрасывалась на высоту 450 м. Но теперь этот гейзер совершенно исчез, что связано с понижением на 11 м уровня воды в ближайшем озере Таравера. Извержение другого новозеландского гейзера — Кроус-Нест (Воронье гнездо) на берегу озера Вайкато тоже зависит от уровня воды в озере. Если вода стоит высоко, гейзер извергается каждые 40 мин, если уровень воды низкий — извержение происходит через 2 ч.

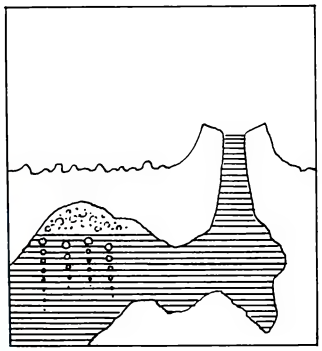
Долина гейзеров на Камчатке.

Многочисленные горячие источники и 200 действующих гейзеров находятся в Северной Америке в Йеллоустонском национальном парке. Это плоскогорье, изрезанное глубокими долинами рек и впадинами озер, окруженное высокими снежными хребтами Скалистых гор. Несколько миллионов лет назад здесь происходили очень сильные вулканические извержения, в результате которых возник этот удивительный уголок природы. Самый знаменитый гейзер Йеллоустонского парка — Старый Служака. В течение многих лет он не прекращает своей деятельности.

Огромное количество тепла выносят гейзеры и горячие источники на поверхность земли. Откуда же берется это тепло?

Возникают гейзеры в районах, где близко к земной поверхности залегает неостывшая магма. Выделяющиеся из нее газы и пары, поднимаясь, проходят длинный путь по трещинам. Они растворяются в подземных водах и нагревают их. Такая вода и выходит на поверхность Земли в виде бурлящих горячих ключей, различных минеральных источников, гейзеров. Механизм действия гейзеров, периодически выбрасывающих воду на поверхность, еще не совсем выяснен. Ученые предполагают, что под землей гейзер состоит из пещер (камер) и соединяющих их проходов, трещин и каналов, встречающихся в застывших лавовых потоках. Эти пещеры и заполняются циркулирующими горячими подземными водами, которые под действием перегретых паров, поднимающихся от магматических очагов, нагреваются до температур выше точки кипения воды. Извержения гейзеров зависят от величины подземных камер и каналов, от расположения трещин, по которым поступает тепло из магматического очага, от количества и скорости притока грунтовых вод. Из физики известно, что точка кипения воды при давлении в 1 атм на уровне моря равна 100°. Если давление

Гейзеры — периодически фонтанирующие горячие источники, распространенные в области современной или недавно прекратившейся вулканической деятельности.



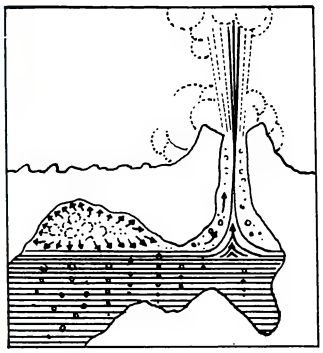
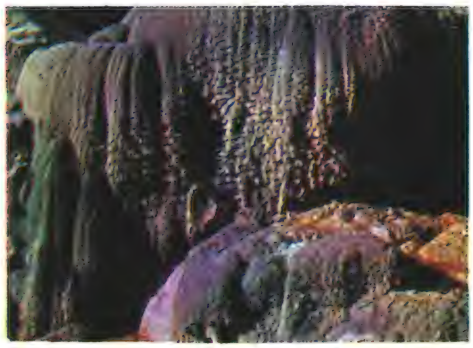


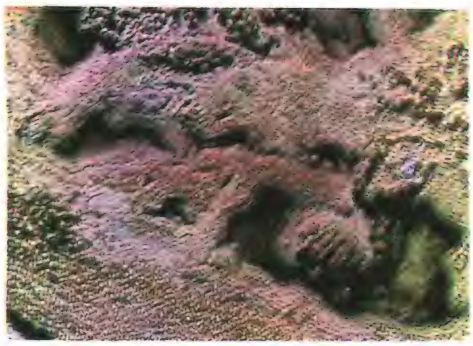
Схема действия гейзера. Находящаяся под гидростатическим давлением вода в подземных пустотах постепенно нагревается выше 100°. При достижении критической температуры она вскипает. Образующийся пар с шумом выбрасывается из гейзера, увлекая с собой кипящую воду.

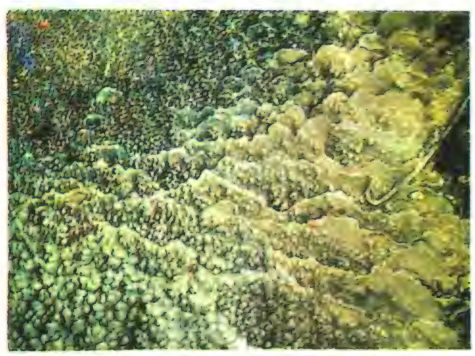
Извержение гейзера Старый Служака (Сев. Америка).

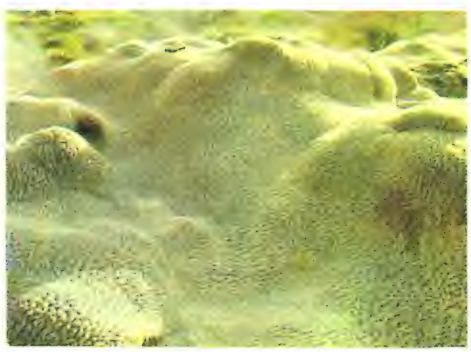
Самый большой камчатский гейзер Великан. Он выбрасывает фонтан горячей воды в несколько десятков метров. Под ним — горловина гейзера. Обычно представляет собой конусообразные накопления светлого кремнистого туфа — гейзерита.

Гейзериты — отложения кремнезема, содержащегося в кипятке, выбрасываемом гейзером. Около некоторых гейзеров образуются конусы из гейзерита от нескольких сантиметров до нескольких метров. Они бывают очень разнообразны по форме и цвету.



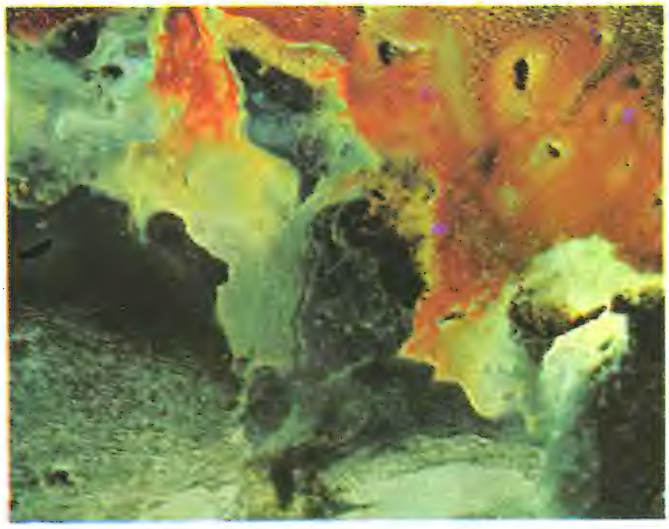






Озера вулканического происхождения — кальдеры — довольно распространенное явление на Камчатке.

Так выглядят некоторые виды водорослей, приспособившиеся к жизни в горячей воде.



увеличивается, то температура кипения повышается. Давление столба воды в канале гейзера повышает точку кипения воды на дне канала. Нагретый нижний слой воды делается менее плотным и поднимается на поверхность, а более холодная вода с поверхности спускается вниз, где, согреваясь, в свою очередь, поднимается, и т. д. Перегретая вода, поднимаясь по каналу, достигает того уровня, на котором давление столба воды уменьшается настолько, что она может вскипеть, а упругость водяного пара сможет выбросить ее с огромной силой вверх в виде кипящего фонтана.

Если канал гейзера широкий и более или менее правильной формы, вода перемешивается, закипает и периодически выплескивается на поверхность в виде горячего фонтана. Если же канал извилистый и узкий, вода не может перемешиваться и нагреваться равномерно. Вследствие давления сверху столба воды нижние слои воды оказываются перегретыми и не превращаются в пар. Пар выделяется лишь отдельными пузырями. Накапливаясь внизу, сжатый пар стремится расшириться, давит на верхний слой воды в канале и поднимает ее настолько, что она выплескивается на поверхность Земли небольшими фонтанами — предвестниками извержения. Вес столба воды в канале уменьшается, следовательно, давление на глубине понижается, и перегретая вода, находясь выше точки кипения, мгновенно превращается в пар. Давление пара снизу так велико, что он выталкивает воду из канала — и в воздух выбрасывается огромный фонтан кипятка и клубы пара.

Охлажденная выброшенная вода частично падает в чашу гейзера и попадает в его канал. Часть воды поднимается с глубин, но бóльшая часть ее обычно просачивается в канал из боковых пород. В канале она нагревается, перегревается в нижних частях его, возникает снова пар, и происходят выбросы пароводяной смеси, т. е. гейзер начинает извергаться с полной силой.

Таким образом, периодичность действия гейзеров зависит от размеров канала (но не от его формы), времени его заполнения водой и нагревания до температур, несколько превышающих точку кипения воды в местонахождении гейзера, что зависит от абсолютной высоты этой местности.

Сели, овраги, ветровая эрозия

Вулканические извержения, землетрясения и многие другие катастрофические явления природы порождаются эндогенными силами — процессами, происходящими в недрах нашей планеты.

Не менее разрушительную работу производят часто и внешние силы, действующие на поверхность Земли, так называемые экзогенные силы. Это текучие воды и ветер. Их действие может быть как коротким, так и длительным. Таковы грязе-каменные потоки — *сели*, внезапно обрушивающиеся вниз по горным долинам и сметающие все на своем пути, горные обвалы и оползни, песчаные и пыльные бури. Громадный ущерб хозяйству наносят и относительно медленно идущие процессы смыва и размыва почв, образования оврагов, заносы движущимися сыпучими песками строений, дорог, полей. Рассмотрим в отдельности каждое из этих стихийных явлений природы.

Сели, или *сили* (от арабского слова «сейль» — бурный поток). В конце 1934 г. на Тихоокеанском побережье США в районе города Лос-Анджелеса, и без этого страдающего от частых разрушительных землетрясений, разразились сильные ливни. В течение двух суток здесь выпало 432 мм осадков (в среднем в год в этом районе выпадает всего 380 мм). Со склонов ближайшего к Лос-Анджелесу горного хребта вниз по ущельям устремились бурные грязе-каменные потоки. Они несли громадные камни до 5 т весом и больше, вырванные с корнями деревья и т. д. Сели врывались на улицы городков, расположенных у подножия хребта, размывали или заносили грязью дороги, поля, рушили мосты. Погибли десятки людей, были разрушены сотни домов. Лос-Анджелес не раз подвергался разрушительному действию селей.

Сели образуются высоко в горах после выпадения необычно сильных дождей, как в Лос-Анджелесе, или при бурном таянии горных снегов и ледников, как не раз было, например, в районе Алма-Аты. На крутых склонах в верховьях горных рек массы снега и рыхлые от избыточной воды отложения срываются вниз и со скоростью 10—14 км/ч, а иногда и больше, несутся по долинам, все более переполняясь наносами. По выходе из ущелий на предгорные равнины высота передовых валов этих грязе-каменных потоков достигает нескольких метров. Сила их настолько велика, что они могут переносить каменные глыбы весом в десятки и сотни тонн, опрокидывать железнодорожные составы и т. д.

Существуют специальные службы, которые занимаются выявлением очагов зарождений селей. Их отыскивают на самолетах и вертолетах и предупреждают население о возможной катастрофе.

Овраги. Это глубокие рытвины на склонах холмов и возвышенностей, в днищах балок и ложбин с крутыми склонами, часто отвесными, почти лишенными растительности. Их глубина достигает 20—40 м, ширина — от единицы до десятков и даже сотен метров, длина некоторых крупных оврагов измеряется километрами. Овраги образуются в результате глубинной эрозии — размыва рыхлых пород бурным стоком дождевых или талых вод. Они смывают верхние, наиболее плодородные горизонты почв. Образование оврага начинается с небольшой узкой промоины или борозды, которая может быстро углубиться и удлиниться после нескольких больших ливней. Известны случаи, когда за год овраги удлинялись на 40—50 и даже 100—150 м. В среднем же вершины большинства оврагов продвигаются на 1—3 м в год. В некоторых районах оврагов так много, они так близко располагаются друг к другу, что образуется труднопроходимое смешение резких и узких гребней и разделяющих их глубоких врезов и небольших ущелий. Такой рельеф называется бедлендом или дурными землями.

Наиболее густа сеть оврагов в степных и лесостепных равнинных областях. Оврагами изъедены склоны возвышенностей и холмов, речные террасы и борта долин на Украине и в Центрально-Черноземных областях на Русской равнине, в прериях Великих равнин США и т. д. Овраги образуются и в других ландшафтно-географических зонах. В тундре, например, порой достаточно трактору или вездеходу прорезать мохово-травянисто-кустарниковый растительный покров, как наружу выступает почвенная вода; она не может впитаться в скованный мерзло-

Образование оврага начинается с небольшой узкой промоины или борозды (а), которая быстро углубляется и удлиняется после нескольких больших ливней (б).

той грунт и вынуждена стекать по поверхности почвы, размывая ее и образуя рытвины и овраги.

В зонах лесов умеренного и тропического поясов при сведении древесной растительности также возникают глубокие и быстро растущие овраги.

Овражная эрозия наносит огромный ущерб, разрушая дороги, сокращая площади сельскохозяйственных земель. Причины овражной эрозии кроются главным образом в неразумном ведении хозяйства — распашке крутых склонов, уничтожении лесов. Учеными разработана система противоэрозионных мероприятий, с успехом применяемая для ограждения почвы полей от разрушения.

По подсчетам ученых, за последнее столетие оврагами, а также выдуванием почв ветром (ветровой эрозией) на земном шаре уничтожена почва на площади около 2 млрд. га. Это площадь, почти равная территории СССР,— это 15% всей суши, или 27% сельскохозяйственных земель планеты!

Особенно сильно от водной и ветровой эрозии почв пострадали в 20—30-е годы нашего столетия Великие равнины США. Несмотря на предостережения ученых, бурно развивающееся освоение земель, при котором полностью игнорировались основы противоэрозионной защиты почв, привело к бедствию. Вот как описывает эту катастрофу известный советский географ Д. Л. Арманд: «В 1934 г. сложились неблагоприятные погодные условия. После ливней исключительной силы, вызвавших небывалый смыв почвы и рост оврагов, наступила засуха, породившая пыльные бури. Почва распаханных прерий поднялась в воздух. На миллионах гектаров она была выдута вместе с посевами; даже в городах люди гибли от удушья. Только тогда была создана Служба охраны почв, началась кропотливая тяжелая работа по восстановлению пострадавших земель и введению предупредительных мер на уцелевших. Но эрозия и дефляция (выдувание) уже успели превратить в бросовые земли 20 млн. га пашни, на 60 млн. га плодородие резко снизилось, на 40 млн. га пашни и 43 млн. га прочих угодий эрозия находится в начальной стадии. Еще недавно в американской печати отмечалось, что из 156 млн. га, занятых Великой равниной, 56 млн. га представляют «пыльную чашу, пригодную только для травосеяния».

В засушливых пустынях и полупустынях, а также в степях, на распаханных, лишенных естественной растительности территориях, ветер разрушает поверхностные слои почвы, превращая их в тонкую пыль. Эта пыль поднимается в воздух и переносится на многие сотни километров. Академик Д. В. Наливкин в своей книге «Ураганы, бури и смерчи» отмечает, что одна пыльная буря в состоянии перенести до 25 км^3 грунта: «Это солидная горная гряда длиной 25 км, шириной 2 км и высотой в целый километр. Эта гряда поднимается в воздух и переносится одной пыльной бурей! Вес бури получается около 50 млрд. т без учета той воды, которая выпадает из тучи в виде дождя. 50 млрд. т — это 5 млн. больших железнодорожных поездов или 100 лет работы железной дороги между Ленинградом и Москвой».

Различают черные, желтые, красные и белые пыльные бури, в зависимости от цвета переносимой

Овражная эрозия наносит огромный ущерб, разрушая дороги, сокращая площади сельскохозяйственных земель. Особенно сильной эрозии подверглись в 20—30-е годы многие территории США.

пыли. Черные бури характерны для юга Европейской части СССР, для США, где выдуваются черноземные почвы. В Средней и Центральной Азии возникают главным образом желтые или белые (выдуваются солончаки) бури. Красные бури часты в Африке с ее красноземными почвами.

Поднятая сильными ветрами пыль уносится далеко за пределы очагов зарождения бурь. Так, в конце апреля 1928 г. на юге Европейской части СССР была поднята почва с площади около 40 млн. га. Эта черная буря перенесла около 15 млн. т почвы в Румынию и Польшу. Весной 1960 г. сильные черные бури прошли на Северном Кавказе и Южной Украине. Ветрами был выдут слой почвы толщиной до 7—10 см. Пыль выпадала в Южной Белоруссии, на западе Украины, в Румынии, Болгарии.

Созданные ветром

Разрушающая сила ветра известна всем. А может ли ветер не разрушать, а творить? Оказывается, ветер — замечательный скульптор, создающий поразительный орнамент на поверхности Земли. Рельеф песков местами создается переменчивым ветром на протяжении не менее двух миллионов лет! И творит его ветер не по прихоти, а по единым законам движения газов, изучаемых аэродинамикой.

Ветер выдувает пыль и песок из низин и навевает их на возвышения. Чем дольше работает ветер, тем глубже проникает он в толщи прежних речных или морских песчаных отложений и тем выше насыпает он барханы и гряды. При этом, если песок сух, сыпуч и лишен растительности и его так много, что он перегружает воздушный поток, ветер лишь переволакивает песчаные скопления, которые, как волны в море, располагаются поперек к направлению ветра. А если песок уплотнен или полузарос или ветер силен и в состоянии переносить весь содержащийся в нем песок, то создаются либо оголенные, либо полузаросшие песчаные гряды, продольные ветру.

Бывают и более сложные условия. В районах, где сезонные ветры посменно дуют примерно под прямым углом один к другому, образуется решетчатый рельеф из пересекающихся гряд двух направлений. А там, где ветровые потоки отражаются от гор или наблюдаются сильные восходящие токи воздуха, накапливаются громадные песчаные пирамиды. В районах слабых восходящих токов образуется так называемый ячеистый рельеф песков.

Разновидностей узоров песчаных скоплений много, и некоторые из них поразительны. У нас на Балтике, на Куршской косе, где в год выпадает 700 мм осадков, а с моря дуют сильные ветры, голые дюны поднимаются на высоту до 58 м. Самые высокие дюны Европы — в Гасконских Ландах во Франции — достигают 97 м. Более чем стометровой высоты достигает и одиночный бархан Калкан у юго-западных подножий Джунгарского Алатау (к северо-востоку от Алма-Аты). Когда забрасываемый на него ветром песок образует чрезмерно крутые склоны, он сползает и издает такое мощное гудение, что бакенщики, живущие в нескольких километрах на реке Или, путают его с пароходной сиреной. Самые высокие на Земле гряды песков, созданные ветром, находятся в Центральной Азии, между котловиной озера Лобнор и впадиной Вайдам; высота их 479 м!

Водная оболочка

Мировой океан

Водная оболочка Земли — гидросфера — построена сложно и своеобразно. В отличие от каменной оболочки литосферы и газовой — атмосферы она не сплошь покрывает земной шар, хотя водой занято 361 млн. км^2, или 70,8% его поверхности. К водной оболочке относят и воды суши — реки и озёра, подземные воды, а также горные и покровные ледники — застывшие воды. Все они связаны между собой в планетарном процессе круговорота воды, газов и минеральных солей.

Начальное звено круговорота воды и в то же время самое большое ее скопление на поверхности Земли — это Мировой океан. Материки и острова разделяют его на отдельные океаны, моря, проливы и заливы. Но непрерывно действующие морские течения связывают их в единое целое, поэтому воды океанов и морей обладают общими физико-химическими свойствами.

По сравнению с материками размеры океана огромны. Один только Тихий океан больше площади всей суши. В Северном полушарии планеты водой занят 61% его поверхности, в Южном — 81%. Площадь окраинных и средиземных морей составляет около 10% площади всего Мирового океана. Общий объем воды в океанских бассейнах 1370 млн. км^3; объем воды в морях равен примерно 2,7% объема воды в океане. Средняя глубина океана — 3795 м, средняя глубина открытых окраинных морей — 874 м, средиземных — 1289 м. Наибольшая глубина океана, обнаруженная советскими учеными,— 11 022 м.

Мировой океан делят на четыре океана: Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Изучение структуры водных масс океанов и их динамики привело советских ученых к убеждению, что обширное водное пространство от берегов Антарктиды до южных оконечностей материков Азии, Австралии, Африки и Южной Америки следует признать самостоятельным пятым океаном. Предложено назвать его Южным океаном.

«Громадный, страшный, всемогущий... от века и доныне сущий»,— писал об океане поэт Валерий Брюсов.

А что думают о возрасте океана ученые? Большинство из них считают, что образование Мирового океана — его чаши и водной массы с ее солевым составом — неразрывно связано с геологическим развитием всей земной коры в целом.

Напомним, что, согласно мнению ученых, материки и океаны формировались одновременно. Вначале, вероятно, материки лишь незначительно возвышались над дном будущих океанов и сами впадины океанов были неглубокими. Вода, выделявшаяся в

Обманчивый штиль в открытом море — багряный закат солнца предвещает штормовую погоду.

форме водяных паров при формировании земной коры из первичного вещества планеты, остывала в атмосфере и выпадала в виде осадков. Затем она стекала по поверхности Земли, заполняя эти понижения. Дальнейшее их углубление и повышение материков происходило под влиянием мощных глубинных (тектонических) процессов, а также преобразований самой поверхности Земли, в которых немалую роль играли и стекавшие во впадины воды. Постепенно океанские чаши становились все глубже и в конце концов слились в единый Мировой океан.

На протяжении геологической истории Земли границы Мирового океана неоднократно менялись. Временами океан наступал на сушу, заливая солеными водами огромные территории. Потом он отступал, оставляя на суше отложения солей и обнажая окраины материков. Это происходило вследствие местных поднятий и опусканий материковой земной коры, а также при образовании и таянии льдов в ледниковые и межледниковые периоды. Но никогда его обширные равнины, расположенные на глубине свыше 3—4 тыс. м, не видели солнечного света, а общий его объем — по крайней мере с момента зарождения жизни — менялся мало, глубоководная фауна известна с протерозоя. Мировой океан и материки — начальные формы земной поверхности.

Солевой состав океана

Вода в океане соленая. Средняя концентрация солей в ней 35 г на 1 кг воды, или 35 промилле (35‰). Под влиянием сильного испарения соленость на поверхности океана может быть немного больше, в областях обильных дождей — немного меньше, а у берегов при смешении с речной водой — значительно меньше обычной. Например, в поверхностных слоях Белого моря соленость не более 26‰, Черного — 18‰, Балтийского в центральной его части — 6—8‰, Азовского — 11‰, а на поверхности Красного моря, в которое не впадает ни одна река и где испарение велико, соленость достигает 40‰. Удивительно и пока еще загадочно то, что состав и относительное содержание разных солей, образующих соленость, повсюду в океане остаются неизменными. Постоянство солевого состава указывает на тесную связь между всеми частями Мирового океана.

Откуда же в океан попали соли? Ученые предполагают, что в период образования земной коры и

Сбор соли, выпаренной в морских лагунах. Из 22 млн. т соли, потребляемой человечеством за год, одна треть добывается из морской воды.

океана из вещества мантии вместе с парами воды выделялись кислые вулканические дымы, содержавшие соединения хлора, брома, фтора. Первые «порции» воды на поверхности Земли были кислыми. Эта первичная вода разрушала и выщелачивала недавно образовавшиеся базальты, граниты и другие кристаллические породы земной коры и извлекала из них щелочные элементы — натрий, калий, кальций, магний и др. Щелочные элементы входили в соединения с хлором и бромом и нейтрализовали раствор. С течением времени поступление кислых вулканических дымов уменьшилось, а выщелачивание пород суши продолжалось. Таким образом океанская вода постепенно накапливала соли и приобретала слегка щелочную реакцию, которая присуща ей и в настоящее время.

Газы, не растворившиеся в воде, поступали в атмосферу. В первоначальной атмосфере Земли почти не было кислорода. Он возникал лишь в ничтожных количествах в верхних слоях атмосферы, где под действием ультрафиолетовых лучей водяные пары разлагаются на водород и кислород. Переворот в химии океана и атмосферы произошел более 3 млрд. лет назад, когда в результате сложных процессов в морской воде образовались первые органические молекулы и возникла растительная жизнь (см. т. 4 ДЭ, ст. «Как возникла жизнь на Земле»). Благодаря ей в океане и в атмосфере появился свободный кислород, который выделялся все в большем и большем количестве в процессе фотосинтеза. Так создались необходимые условия для появления и развития животных организмов. При окислении соединений азота, выделявшихся из недр Земли, появился свободный азот. Как и кислород, он вошел в состав атмосферы и частично растворился в воде. Окисление первичных соединений углерода привело к образованию свободной углекислоты.

Примерно к началу палеозоя (500 млн. лет назад) океанская вода по солевому составу и содержанию в ней газов уже почти не отличалась от современной. Хлориды (соли соляной кислоты) составляют в ней сейчас 88,7% всей солености, сульфаты (соли серной кислоты) — 10,8%, карбонаты (соли угольной кислоты) — 0,3% и остальные соли — 0,2%. Общее количество солей в Мировом океане достигает $5\ 10^{16}$ т.

Содержатся в морской воде и некоторые непостоянно растворенные вещества, количество их невелико, но роль их огромна. Это прежде всего биогенные элементы: соли фосфора, азота, соединения кремния и кальция; затем так называемые микроэлементы, растворенные в океанской воде в очень малых или совсем ничтожных количествах. Те и другие необходимы для развития жизни в океане (их используют растительные организмы для построения своего тела в процессе фотосинтеза). Всего в океанской воде пока обнаружено 70 химических элементов, но, вероятно, присутствуют все известные на нашей планете.

Будущим исследователям Мирового океана предстоит открыть много нового.

Океан и круговорот веществ на Земле

В Мировом океане зародилась жизнь. Растительность, возникшая в нем, обогатила атмосферу кислородом и сделала ее пригодной для жизни животных. И поныне деятельность растительных организмов в океане, разлагающих воду на водород и кислород,— главный источник свободного кислорода в атмосфере.

Между океаном, атмосферой и сушей происходит непрерывный обмен веществ. Океан — это прежде всего водохранилище планеты. Испаряющаяся с его поверхности влага переносится ветрами на материки и, выпадая в виде осадков, орошает землю, питает реки, подземные воды и горные ледники. Вместе с брызгами во время штормов ветер подхватывает и выносит на сушу за год 300—400 млн. т солей. В то же время с суши ежегодно речной сток выносит в океан в среднем 3,3 млн. т растворенных веществ; около половины этого количества осаждается на дне океана.

Не умолкая, шумит и пенится морской прибой — это разрушаются у береговой черты крутые ветровые волны.

Более 3 млрд. лет происходит эволюция организмов в океане. Они непрерывно поглощают необходимые для жизни растворенные в воде вещества и газы, образуя из них сложные органические соединения. В свою очередь, морские организмы выделяют продукты обмена веществ и, перемещаясь в воде, порой на большие расстояния, оставляют повсюду разнообразные следы своей жизнедеятельности, а после отмирания превращаются в органические остатки. При соединении их с растворенным в воде кислородом восстанавливаются первоначальные минеральные соли. Так происходит как бы «самоудобрение» океана.

Морские животные и растения обладают удивительной способностью накапливать в своем организме некоторые элементы: медь, цинк, ванадий, железо и многие другие. В результате концентрация этих элементов в их тканях в сотни и тысячи раз выше, чем в морской воде. Геохимическое значение этого явления очень велико. Благодаря ему при отмирании организмов некоторые соли и многие рассеянные и редкие химические элементы выпадают из круговорота. Они опускаются на дно морей и океанов, где образуют мощные слои донных осадков и частью переходят в состав минеральных соединений.

Химический состав осадков разнообразен. В основном они представляют собой илы, образованные известковыми и кремнистыми скелетами и раковинами — остатками организмов, населяющих толщу воды. Они устилают около половины дна океана.

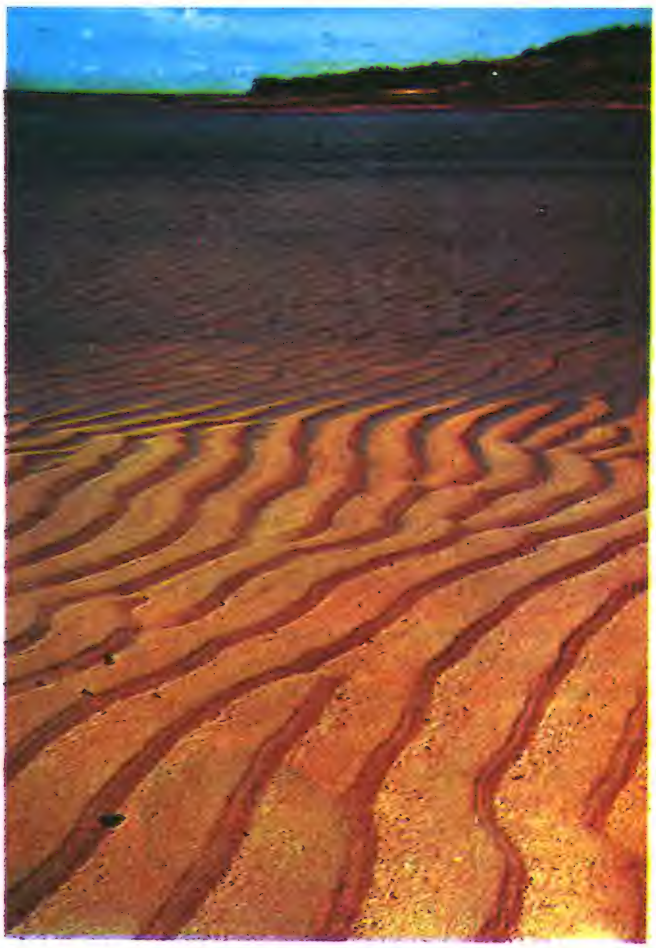
С начала палеозоя прошли миллионы лет, но солевой состав океана за это время существенно не изменился. Между тем речные воды, ежегодно стекающие в океан, продолжали приносить в него минеральные вещества, смытые с материков. Правда, солей в речной воде в среднем в 35 раз меньше, чем в океанской, и состав их иной: в речной воде только 5% хлоридов, сульфатов примерно столько же, но карбонатов — 60%. За 500 млн. лет, прошедших с начала палеозоя, соли, принесенные реками, могли бы значительно изменить химический режим океана, в частности увеличить содержание в воде карбонатов. Этому препятствует жизнедеятельность организмов. Они преобразуют карбонаты в свои раковины и скелеты, изымая их из состава воды. Кроме того, из воды выпадают в осадок различные плохо растворимые химические соединения — алюмосиликаты железа (глауконiты), фосфориты и железо-марганцевые образования—конкреции; последние большей частью лежат сверху на илах и покрывают до 10% площади океанского дна. Все эти биохимические и химические процессы поддерживают постоянный солевой состав воды.

Следы геохимической деятельности океана встречаются повсюду и на суше. Донные осадки древних океанов слагают меловые горы, из них же образовались залежи мрамора, апатиты, фосфориты, отложения бромистых и хлористых солей и т. д.

Следует остановиться еще на содержании газов в морской воде.

Во всех природных водах в растворенном состоянии содержатся различные газы, главным образом азот, кислород и углекислый газ. Количество газов, которое способна растворить морская вода, зависит

При отливе обнажается широкая полоса отмелого берега. Вверху: отлив на Командорских островах. Внизу: слева — намытая волной песчаная рябь, обнаженная во время отлива; справа — вид спорта на тихоокеанских островах: катание на гребне 6—8-метровой прибойной волны.



Траулер на ловле рыбы. Его сопровождают сотни чаек.

Палуба траулера. Разгрузка ковша, которым вычерпывают улов из кошелькового невода, подтянутого к борту судна.

от ее солености, гидростатического давления, но главным образом от температуры. Чем больше соленость и чем выше температура, тем меньше газов может растворить морская вода, и наоборот.

Кислород, растворенный в океанской воде, двоякого происхождения: поглощенный из воздуха и выделенный организмами при фотосинтезе. Кислород расходуется на дыхание живых организмов и окисление органических остатков. Углекислый газ, поступающий в воду из воздуха, используется растениями в процессе фотосинтеза; он также выделяется при дыхании организмов и при окислении отмерших организмов. За год на построение своих тканей растительный планктон (мельчайшие растения) и бактерии извлекают из углекислого газа около 100 млрд. т углерода.

Таким образом, океан то «вдыхает», то «выдыхает» атмосферные газы. В холодных областях планеты океан извлекает кислород из воздуха, а течения переносят его в глубинные слои, без чего в них замерла бы всякая жизнь. То же происходит и с углекислым газом. В полярных водах океан поглощает его из воздуха, а в тропиках выделяет в атмосферу. В атмосфере содержится в 60 раз меньше углекислого газа, чем в океане, который представляет собой как бы его резервный склад.

Итак, мы видим, что морская вода участвует во множестве химических и биохимических преобразований веществ, которые находятся в ней в растворенном, коллоидном и взвешенном виде, в свободном состоянии и в различных соединениях. Гидросфера в целом служит средой и могучим транспортным средством в сложных изменениях и перемещениях химических элементов, происходящих в биосфере и литосфере.

Таким образом, Мировой океан — это древнейший «геохимический реактор», работающий на космическом топливе — тепловой и световой энергии Солнца и неустанно на протяжении миллиардов лет преобразующий геохимический и геологический лик нашей планеты.

Океан — аккумулятор тепла

Около 95% водной массы в океане имеет среднюю температуру 3,8°. Эта температура в современных климатических условиях практически остается неизменной. Зато температура воды на поверхности океана разнится значительно: в экваториальной зоне вода нагрета до 25—26°, а в приполярных областях ее температура опускается ниже 0° (лед в воде с соленостью 35‰ образуется при температуре — 1,9°). Сезонные колебания температуры воды в средних широтах составляют 5—10°, в северо-западных частях Атлантического и Тихого океанов, где встречаются теплое и холодное течения, они достигают иногда 15°, а в полярных областях (где лето холодное) и в тропиках (где не бывает зимы) колебания температуры на поверхности океана в течение года не превышают 2° (в экваториальной зоне — не более 0,5°). Температура придонных вод полярных областей океана ниже 0°, а в средних и

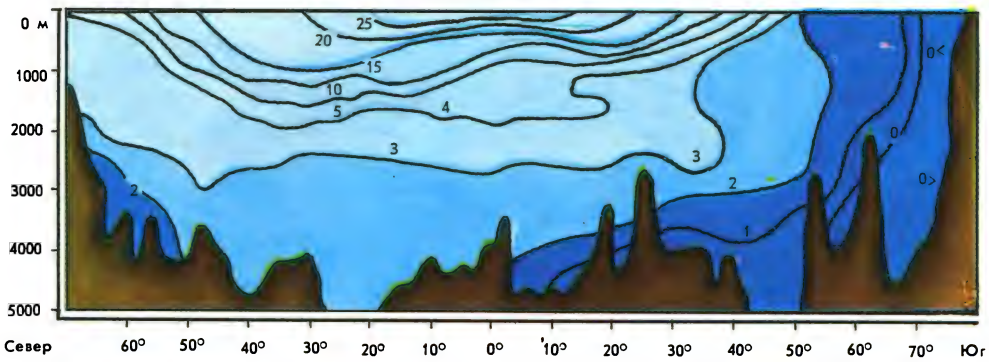


Схема распределения температуры воды в океане.

экваториальных широтах около 2°. В океанах и морях наблюдаются и многолетние потепления и похолодания верхних слоев воды, которые оказывают влияние на климат, погоду и распределение рыбы.

Температура воды в океане с глубиной обычно снижается. В северных широтах верхний слой прогретой воды к осени достигает толщины 10—15 м, в средних широтах — 40 – 50 м. Под ним наблюдается тонкий сезонный слой резкого скачка температуры. Его называют *термоклином*. Ниже термоклина вода намного холоднее. При сильном волнении и зимнем охлаждении слой температурного скачка разрушается, температура воды становится однообразной до глубины 50 м, а местами даже до 200 м, в зависимости от силы волнения или степени охлаждения.

Зимой охлаждение воды начинается сверху. Холодная вода тяжелее и плотнее теплой, поэтому она опускается вниз и перемешивается с нижней, более теплой водой. Такая вертикальная циркуляция морской воды обогащает ее нижние слои кислородом и углекислым газом, поглощенными из воздуха, и поднимает к поверхности питательные соли, накопившиеся в глубинах при разложении отмерших организмов. Поэтому в полярных морях жизнь очень богата. Вертикальная циркуляция в холодное время года «выкачивает» накопленное в воде тепло в атмосферу. От экватора до 50—60° северной и южной широты на глубине от 100 до 700 м существует круглогодичный термоклин.

С изменением температуры меняется и плотность воды. Где скачок температуры — там и скачок плотности. Поэтому около термоклина всегда скапливаются мелкие животные организмы: при вертикальном перемещении они не в состоянии преодолеть этот барьер. Вслед за планктоном здесь собирается и рыба.

Термоклин отчасти препятствует распространению в воде звука. Шум гребных винтов подводной лодки, находящейся ниже термоклина, акустическими приборами надводного судна не улавливается — подводная лодка может чувствовать себя в безопасности.

Моряки-подводники называют термоклин жидким грунтом, потому что лодка, погрузившаяся в плотный слой воды под термоклином, остановив двигатели, лежит, «как на дне», точнее, держится в нем на плаву.

Известно, что вода обладает большой теплоемкостью: 1 м^3 воды, охладившись на 1°, может нагреть на 1° более 3300 м^3 воздуха. Благодаря этому океаны и моря служат аккумулятором и распределителем солнечного тепла на поверхности нашей планеты. В умеренных и полярных широтах морские воды летом накапливают тепло, а зимой отдают его в атмосферу. В тропиках же вода нагревается с поверхности круглый год. Течения переносят теплые экваториальные воды в высокие широты, а холодные воды возвращаются в тропики в противотечениях. Гольфстрим смягчает климат Англии и Скандинавии, а течение Куро-Сио делает более теплым климат Японии. В то же время холодные Восточно-Гренландское, Лабрадорское и Курильское противотечения охлаждают соответственно восточные берега Северной Америки и Азии. Белое море, Черное и даже Каспийское, отдавая зимой тепло, немного повышают температуру воздуха над прилегающим побережьем.

Океанические течения

Основная причина образования мощных океанических течений — ветры, в частности пассатные, которые дуют круглый год в Атлантике и в Тихом океане. Так, по обе стороны от экватора движутся мощные потоки Северного и Южного пассатных (экватo-

риальных) течений. Они нагоняют воду к западным окраинам обоих океанов. Часть этой воды возвращается обратно на восток в штилевой экваториальной полосе в виде Экваториального противотечения. Другая часть, упираясь в барьер из материков и островов, поворачивает на север или на юг, а затем на восток и образует круговую циркуляцию как в Северном, так и в Южном полушарии.

Особенно четко эта система течений выражена в Тихом океане. В Индийском океане круговые течения наблюдаются южнее экватора, а к северу от него господствуют сезонные течения. Их вызывают муссонные ветры, которые дуют летом с океана на сушу, а зимой в обратном направлении.

Различают течения теплые и холодные, но не всегда надо понимать это буквально. Например, температура воды Бенгельского течения у мыса Доброй Надежды 20°, но это холодное течение по сравнению с окружающей водой, тогда как Нордкапское течение (одна из северных ветвей Гольфстрима) с температурой воды 4—6° считается теплым — оно обогревает прилегающие берега.

Судить о мощности океанских течений можно по такому сравнению: Гольфстрим у полуострова Флорида за год переносит в среднем 750 тыс. км^3 воды, в 20 раз больше годового стока всех рек земного шара, а на параллели 38° с. ш. превышает речной сток в 60 раз.

Вода мощных течений Куро-Сио и Гольфстрима отличается от окружающей цветом, соленостью и температурой, но сплошного потока, как в реках, в течениях нет. Например, Гольфстрим разбивается на отдельные струи; некоторые из них отходят в сторону, образуя огромные завихрения, которые потом совсем отделяются от основного течения. Интенсивность течений, объем переносимой ими воды меняются в очень широких пределах, что заметно отражается на погоде и особенно на поведении рыбы. Колебания мощности Гольфстрима и Куро-Сио зависят от изменений атмосферной циркуляции, и в частности от пассатных ветров. Можно сказать, что мощные океанские течения — это реки в океане, но реки пульсирующие и блуждающие в своих жидких и подвижных берегах.

Не так давно считали, что глубинные, и особенно придонные, океанские воды почти неподвижны. С усовершенствованием измерительной техники выяснилось, что даже у самого дна вода перемещается со скоростью нескольких миль (морская миля — 1 км 852 м) в сутки, а мощные подповерхностные течения мало отличаются от поверхностных. Так, в Тихом океане под пассатным течением обнаружено встречное течение, скорость которого достигает 70 миль в сутки. В Атлантике советские океанологи открыли такое же подповерхностное течение восточного направления. Его назвали именем Ломоносова. Ширина этого течения до 200 миль, скорость до 56 миль в сутки; направлено оно тоже против пассатного течения. Подобное же течение найдено и в Индийском океане. Недавно советские океанологи открыли еще одно никому ранее не известное мощное подповерхностное течение от Антильских островов к берегам Гвианы. Советские ученые установили, что вся толща воды в океане находится в непрерывном движении.

Вода в глубинах океана движется и в меридиональном направлении. Охлажденная в полярных областях, она становится более плотной, тяжелой, погружается в глубины и движется в сторону экватора. Глубинные течения имеют сложный характер и еще мало изучены.

Велико значение и вертикальных перемещений воды в океанах и морях, которые происходят в результате изменения ее плотности, зависящей от температуры и солености. Скорость таких движений невелика. Вертикальная циркуляция происходит также у дна океана, где вода нагревается теплом, выделяющимся из мантии, подстилающей земную кору. Подогретая вода легче, и она поднимается вверх, перемешиваясь с вышележащими ее массами. Этот процесс может охватить слой до 4 тыс. м, считая от дна.

Подъем глубинных вод происходит и в тех случаях, когда глубинное течение встречает на пути подводную возвышенность или когда береговой ветер сдувает теплый поверхностный слой воды в море, а на его место поднимается снизу холодный. Благодаря подъему глубинных вод, несущих к поверхности питательные соли, у берегов Перу в океане изобилует растительный и животный планктон, а поэтому образовался природный питомник рыб.

Приливы

Дважды в течение суток вздымается могучая грудь океана и дважды опускается. «Море дышит», — говорили русские поморы. На отмелом берегу отлив обнажает береговую полосу местами в несколько километров ширины, а в порту — опускает высокобортный океанский пароход вровень с пристанью. Прилив заливает берег и высоко поднимает пароход над причалом. В устьях некоторых рек прилив

Прибрежный поселок, разрушенный волнами цунами.

создает волну, которая с большой скоростью мчится вверх по реке, иногда на очень далекое расстояние. Это явление называют *бором*. У нас небольшой бор бывает в реках, впадающих в Мезенский залив. Бор на реке Петикодиак (Северная Америка) достигает высоты 3 м.

Приливы вызываются силами притяжения Луны и Солнца, а также центробежной силой, связанной с вращением системы Земля — Луна вокруг ее общего центра тяжести. Масса Солнца в 27 млн. раз больше массы Луны, но оно в 390 раз дальше от Земли, чем Луна, поэтому на поверхности Земли сила притяжения маленькой Луны в 2,2 раза больше, чем Солнца. так что в итоге приливы возбуждаются главным образом Луной. Если Солнце и Луна расположены на одной линии (в полнолуние или новолуние), то прилив самый высокий; его называют *сизигийным* (по-гречески «сизигита» — сопряжение, соединение). Если оба светила расположены под углом 90° (четверть Луны) — прилив наименьший, его называют *квадратурным*; он в среднем в 2,7 раза меньше сизигийного.

Знать величину прилива очень важно при подходе к берегам, чтобы не посадить судно на мель или риф. Величины приливов и время наступления прилива и отлива в разных пунктах побережья, вычисленные на год вперед, публикуются в специальных справочниках.

Но почему прилив происходит два раза в сутки? Оказывается, одновременно возникает не одна, а две приливные волны на двух противоположных сторонах земного шара.

Суточный цикл прилива равен лунным суткам, которые длиннее солнечных на 50 мин, поэтому в каждые последующие сутки прилив наступает на 50 мин позже. Прилив распространяется в виде волны. Правильный *полусуточный* прилив (два подъема и два понижения уровня воды в сутки) наблюдается в СССР у берегов Кольского полуострова, в Белом море и у берегов Сибири. Острова и материки, расположенные на пути приливной волны, изменяют характер прилива, поэтому у некоторых берегов образуется прилив *суточный* — один подъем и одно понижение уровня в сутки, в других местах — промежуточный между суточным и полусуточным. Такой прилив называют *смешанным*, он наблюдается у наших дальневосточных берегов.

Теоретически наибольший прилив должен наступать при прохождении Луны через меридиан места (наивысшее положение над горизонтом). Но приливная волна отстает от движения Луны, так как испытывает трение о дно и встречает на пути препятствия — мели, острова, материки. Отставание зависит от местных условий и может быть большим; например, в Белом море оно достигает 5 ч.

В открытом океане размах приливных колебаний уровня меньше 1 м. У берегов величина прилива растет. Особенно высоки приливы в бухтах и заливах, открытых в сторону океана. В них нагоняют воду приливные волны и течения. Самые высокие приливы на Земле известны в заливе Фанди в Северной Америке — 18 м, в устье реки Северн в Англии — 16 м, в заливе Мон-Сен-Мишель во Франции — 15 м, в губах Охотского моря — Пенжинской

Суда, выброшенные на берег волной во время пронесшегося урагана.

Справа — ураганные волны затопили небольшой город на полуострове Флорида в Северной Америке.

и Гижигинской — 13 м, у мыса Нерпинский в Мезенском заливе — 11 м. На энергии морских приливов уже работают первые электростанции. Опытная ПЭС построена и в Советском Союзе на Кольском полуострове в Кислой губе.

Волнение в океане

Волны ветровые. Как ни кажется это странным, но даже в наш век мощных двигателей и судов грузоподъемностью в десятки тысяч тонн волны нередко затрудняют мореплавание и бывают причиной гибели больших судов. Борясь со встречной волной, суда едва движутся. Побывав в зоне урагана, морские суда приходят в порт с поврежденными палубными надстройками, без спасательных шлюпок, снесенных волной. Волны разрушают берега и портовые сооружения. Сила удара волны о вертикальную стенку измеряется десятками тонн на квадратный метр. В Генуе в 1953 г. во время шторма был разрушен волнолом длиной 4 км и шириной 12 м. Строился он 18 лет и был рассчитан на волны высотой 5 м, а на него обрушились семиметровые волны.

Штормовые волны, вторгаясь на сушу, вызывают гибельные наводнения и разрушения, от которых особенно часто страдает население Центральной Америки и Японии. В 1963 г. волны, вызванные ураганом, затопили низменные районы острова Куба, в 1959 г.— разрушили японский город Нагоя с двухмиллионным населением.

Высота волны измеряется от подошвы до гребня по вертикали, длина — от одного гребня до другого. Чем дольше дует ветер, чем больше «разгон» волны, тем она выше и длиннее. Волны, следующие одна за другой, имеют разную высоту; она зависит от силы ветра, от наложения одних волн на другие, так что разговоры о самом высоком «девятом» вале ни на чем не основаны. В океане волны достигают 18—20 м высоты, но это бывает редко. Некоторые наблюдатели утверждают, что встречали волны высотой в 25 и 30 м. Преобладающая высота океанских волн около 4 м. На глубине 100 м от поверхности волнение уже не ощущается. С выходом на отмелый берег волны становятся короче, выше и на глубине, примерно равной их высоте, разрушаются, образуя пенистые *буруны*. По выходе из зоны урагана ветровые волны превращаются в пологую *зыбь*, которая почти никогда не прекращается, так как в океане всегда где-нибудь да бушует шторм, а волны «мертвой зыби» пробегают тысячи километров. Зыбь у берегов образует сильный *прибой*.

Океанологи изучают законы образования волн, чтобы на основании метеорологических сводок составлять прогнозы волнений и предупреждать об опасности суда, находящиеся в открытом море. Знать силу прибоя нужно, чтобы защищать от его разрушительного действия берега и гидротехнические сооружения.

Волны цунами. Эти волны образуются при извержениях подводных вулканов и при подводных землетрясениях. В отличие от ветровых волн они

Дрейфующий айсберг в открытом море. Сотни таких айсбергов пересекают маршруты судов у о-ва Ньюфаундленд.

Справа — ледяной обрывистый берег Антарктиды.

охватывают всю толщу воды. В открытом океане скорость распространения волн цунами около 800 км/ч, высота примерно 0,5 м, но с выходом на прибрежное мелководье высота их быстро растет и достигает в некоторых случаях 20—30 м. Волны цунами очень опасны.

Одновременно с волной цунами при подводных землетрясениях возникает «ударная волна», которая распространяется в воде со скоростью звука — 5400 км/ч, т. е. в 6—7 раз быстрее, чем волна цунами. Система подводных звукоуловителей (гидрофонов) регистрирует ударную волну, а по направлению, откуда она пришла, устанавливает место ее возникновения, что позволяет высчитать время, через которое придет волна цунами.

О появлении цунами население предупреждается заранее.

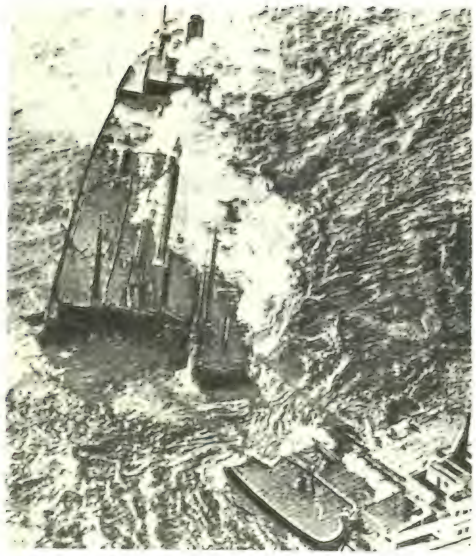
Волны барические. При прохождении циклона, в центре которого атмосферное давление иногда снижается до 660 мм, на поверхности океана образуется выпуклость высотой до 1 м. Эта выпуклость создает барическую волну, которая, подобно цунами, может привести к тяжелым последствиям. Так, в 1953 г. циклон в Северном море у берегов Англии вызвал мощную барическую волну, совпавшую по времени с высоким приливом. Усиленная ветровыми волнами, она выросла на мелководье до десятиметровой высоты, дошла до берегов Голландии и, прорвав знаменитые плотины, отделяющие страну от моря, произвела страшные опустошения: погибло 1400 человек, было разрушено 143 тыс. домов, уничтожено около 400 тыс. голов скота, затоплено 2500 км^2 территории.

Уровень моря

Выражение «высота над уровнем моря» хорошо всем известно. Между тем уровень моря непрерывно меняется под влиянием приливов, перемен атмосферного давления, а также сгонов и нагонов воды у берегов, вызванных действием ветра. Когда говорят «высота над уровнем моря», имеют в виду *средний уровень* моря по наблюдениям за продолжительное время. Однако средний уровень моря — величина чисто местного значения. Так, например, средний уровень Тихого и Атлантического океанов у концов соединяющего их Панамского канала разнится на 19 см, понижение среднего уровня от водной поверхности Ла-Манша до Балтийского моря равно 35 см, даже между северной и южной частями Ботнического залива Балтийского моря на расстоянии всего 65 км средний уровень изменяется на 9,5 см. Средний уровень Черного моря ниже среднего уровня Балтийского на 25 см.

Вычисляя средний уровень моря относительно отметки на берегу, также можно впасть в ошибку, так как многие участки суши испытывают вековые поднятия и опускания. Например, берега Голландии за год опускаются на 0,47 см, а берега Скандинавии поднимаются местами на 1,2 см. Кроме того, уровень воды в океане меняется в зависимости от интенсивности таяния высокогорных ледников и льдов Гренландии и Антарктиды. С 1890 по 1960 г. температура Земли повысилась примерно на 1°. За это время уровень океана (за счет таяния ледни-

Нефть, сливаемая в море при очистке танкеров, а также при авариях, вредно влияет на прибрежную фауну и флору, загрязняет пляжи, губит рыбу и водоплавающую птицу.



ков) медленно повышался, в среднем на 1,2 мм в год. Поэтому установить среднюю уровенную поверхность океана — задача очень трудная.

Морские льды

Белые поля морских льдов круглый год держатся в полярных областях океана. Площадь, занимаемая ими, изменяется в зависимости от сезона: в Северном полушарии от 8 до 15 млн. км², в Южном — от 12 до 25 млн. км². В Арктике преобладают многолетние льды толщиной 2—3 м и больше; в Антарктике льды преимущественно годовалые — они тоньше, но зато покрыты более толстым слоем снега. Ежегодно образуется и тает 37 тыс. км³ морского льда и разрушается 2,4 тыс. км³ айсбергов, что в совокупности равно объему Балтийского моря. Айсберги представляют собой огромные льдины, которые откалываются от ледников, спускающихся к морю с берегов Гренландии и Антарктиды. От берегов Канадского архипелага иногда откалываются айсберги, которые называют *ледяными островами*. Они удобны для посадки самолетов. Поэтому некоторые советские и американские дрейфующие научно-исследовательские станции располагаются на таких ледяных островах. Сотни айсбергов, уносимые течением из Северного Ледовитого океана на юг, достигают рыболовной Ньюфаундлендской банки и пересекают пути следования судов из Европы в Америку. Айсберги очень красивы, но, как говорят моряки, любоваться ими лучше издали. После того как в 1912 г. в Северной Атлантике столкнулся с айсбергом и погиб трансокеанский лайнер «Титаник», был учрежден Международный ледовый патруль, который следит за движением айсбергов и сообщает о них по радио судам, находящимся в плавании.

В Антарктике образуются десятки тысяч айсбергов. Они больше арктических и достигают в длину и ширину многих километров. В 1927 г. в Южном океане видели айсберг длиной в 167 км. Такие айсберги менее опасны, так как не встречаются на главных маршрутах торговых судов. Арктические айсберги преимущественно пирамидальные, антарктические — плоские, столообразные.

Полярные льды охлаждают теплые воды, поступающие из экваториальной зоны, и способствуют возникновению течений (поверхностных и глубинных) в обратном направлении — от полярных областей в сторону экватора.

Загрязнение океана

Радиоактивное излучение воды в океане в 180 раз меньше излучения, которое действует на все живое на гранитных скалах, и в 46 раз меньше излучения

осадочных пород суши. Поэтому животные, населяющие океан, привыкли к очень слабому облучению. Повышение его может иметь для них тяжелые необратимые последствия. По исследованиям советских ученых, из икры рыбы, которая подвергалась искусственному радиоактивному облучению, развивались уродливые нежизнеспособные мальки.

Между тем некоторые зарубежные страны используют глубины океана для захоронения опасных высокоактивных отходов атомной промышленности, утверждая, что они не смогут подняться на поверхность раньше, чем через 1500—1800 лет, а за это время станут безопасными. Изучая все виды движения и перемешивания воды в глубинах океана, советские и японские ученые пришли к выводу, что возобновление придонных вод океана происходит всего за 200—300 лет. Советское правительство решительно возражает против использования океана для сброса радиоактивных веществ. Даже жидкие слабоактивные радиоактивные отходы атомной промышленности в прибрежных водах опасны. Морская фауна и флора в этих местах заражена радиоактивными веществами. В японских водах в раковинах съедобных моллюсков с каждым годом увеличивается содержание радиоактивного стронция. Радиоактивными веществами заражены водоросли и донные организмы в Ирландском море и в некоторых районах у берегов Северной Америки. С развитием атомной промышленности возрастает количество сбрасываемых отходов, а это грозит океану тяжелыми последствиями.

Другой источник загрязнения океана — нефть. Она стекает в море с прибрежных нефтяных промыслов, сбрасывается при очистке нефтеналивных судов и загрязняет воды и берега при авариях танкеров. Очищать судовые цистерны вблизи берегов не разрешается, но это требование не везде выполняют. Нефть вредно влияет на прибрежную фауну и флору, загрязняет пляжи, губит рыбу и водоплавающую дичь. Сброс неочищенных промышленных стоков в устья рек препятствует заходу в них рыбы для икрометания.

Океан — просторная дорога, связывающая материки и острова, неисчерпаемая «кладовая» химического и минерального сырья, гигантский дистиллятор, снабжающий сушу пресной водой, и, наконец, источник «самовозобновляющихся» и дешевых продуктов питания. В океане некогда зародилась жизнь. Хищническое использование его пищевых ресурсов и загрязнение могут привести к непоправимой катастрофе. Колыбель, взлелеявшая на нашей планете жизнь, не должна стать ее могилой.

Реки

Речной сток. Все реки земного шара единовременно содержат примерно 1200 км^3 воды. Но речная вода все время течет. «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку»,— сказал некогда древнегреческий ученый и философ Гераклит. Действительно, за год вода в реках меняется в среднем 30 раз. Откуда реки получают свою «вечнотекущую» воду?

Часто реки начинаются там, где подземные воды выходят на поверхность,— на склоне горы или холма, в овраге, в болотистой низине. Река Урал, например, начинается родничками, бегущими с гор, Волга вытекает из болота. Горные реки нередко начинаются у нижнего края ледников. Обычно даже большие реки образуются из небольших ручьев. Исключение составляют реки, вытекающие из озер,— Нева, Ангара, Рона и др. Питание рек может быть разное: дождевое, снеговое, ледниковое или подземное, но всегда первоисточником его служат атмосферные осадки. На суше ежегодно выпадает около 108 тыс. км^3 осадков, из них 35,4 тыс. км^3 стекает в океан по руслам рек и около 2,8 тыс. км^3 воды поступает в океан из ледников Гренландии и Антарктиды; остальная вода испаряется.

На своем пути река с помощью притоков собирает выпадающие атмосферные осадки нередко с огромной территории, которую называют *водосборным бассейном.*

Количество воды, которое река за год выносит в море, океан или в бессточное озеро, называют ее *стоком*, а количество воды, протекающее в реке через ее поперечное сечение в одну секунду, носит название *расхода* реки. Сток может меняться от года к году в очень широких пределах: он зависит от количества выпавших за год атмосферных осадков. Расход реки меняется в течение года. Выше всего он бывает во время паводков и половодья.

Половодье — это продолжительный подъем уровня в реке, вызываемый основным источником ее

Плавно текут равнинные реки, образуя широкие излучины — меандры и многочисленные старицы, заполненные весенними полыми водами.

питания; повторяется оно ежегодно в определенный сезон. *Паводок* — сравнительно кратковременное поднятие уровня воды, которое возникает, например, после сильных дождей. Паводки и половодье иногда приводят к катастрофическим наводнениям: затопляют села и города, разрушают жилища, уничтожают посевы и смывают верхний плодородный слой почвы.

При дождевом питании половодье у рек наступает в период дождей, при снеговом — весной, при ледниковом — летом. У рек, берущих начало на склонах высоких гор, бывает два половодья: первое — весной при таянии снега, второе — летом при таянии ледников. Период низкого уровня воды в реке по окончании половодья называют *меженью*.

В тропиках у рек бывает короткое половодье и длительный период межени. В умеренных и северных широтах к половодью и сменяющей его межени у рек добавляется еще зимний период, когда они скованы льдом; в это время уровень воды в реках низкий.

Во время половодья река сбрасывает в море от $^2/_3$ до $^3/_4$ годового стока. Это невыгодно для орошения и водоснабжения, а также и для использования речного стока гидроэлектростанциями. Чтобы выровнять сток в течение года, реки перегораживают плотинами и накапливают полые воды в водохранилищах. Помогают уменьшить паводок также задержание снега на полях, глубокая зяблевая вспашка, лесные массивы и полезащитные лесные полосы.

Устойчивый сток рек в сухое время года поддерживается подземными водами. Между рекой и водоносными слоями прилегающей к ней территории происходит непрерывный водообмен. Во время прибыли воды ее уровень в реке становится выше, чем уровень подземных вод, и речная вода просачивается в поры водоносных слоев и пополняет запасы подземных вод. При низком уровне воды в реке происходит обратный процесс — подземные воды питают обмелевшую реку.

Рек на Земле великое множество. Только в СССР около 200 тыс. рек длиной более 10 км. Общая их протяженность более 3 млн. км, годовой сток 4350 км^3, единовременный объем воды в них 200—250 км^3, что указывает на скорость водообмена около 20 дней. Территория СССР менее богата речными водами, чем в среднем вся суша нашей планеты. Советский Союз занимает 16% всей площади суши, а на его долю приходится всего 13% мирового стока рек. Поэтому использование и регулирование водных ресурсов нашей страны требует особо тщательного научного подхода.

Общая численность рек на Земле велика. Только в нашей стране рек, имеющих названия и нанесенных на географические карты, сотни тысяч.

При обильных дождях или при таянии снега часть воды стекает по поверхности Земли до ближайшего ручья или реки и образует *поверхностный сток*. Стекая по склону, вода уносит с собой частицы почвы. Собираясь в небольшие временные ручейки, вода сильнее размывает почву и образует в ней промоины, которые со временем превращаются в овраги. Этот процесс называют *водной эрозией*. Овраги сокращают площадь сельскохозяйственных земель, а смыв почвы уменьшает ее плодородие. На территории нашей страны ежегодно смыв почв, по подсчетам ученых, близок к 535 млн. т. И это несмотря на то, что с эрозией почв у нас ведется

Ока — равнинная река. Плавно несет она свои воды по Восточно-Европейской равнине.

Ниагарский водопад в Северной Америке низвергается с высоты 50 м. Обычно водопады образуются там, где русло реки резко понижается.

непрестанная борьба (см. т. 6 ДЭ, ст. «Как борются с разрушением почв»).

Водная эрозия в течение миллиардов лет формировала и продолжает формировать поверхность нашей планеты. Подсчитано, что за 125 тыс. лет вода смывает с материков в среднем слой почвы толщиной в 1 м. Реки ежегодно выносят в океаны и моря около 10—12 км^3 твердых минеральных веществ (твердый речной сток) и 3300 млн. т растворенных органических веществ и минеральных солей. Например, Амударья в 1 м^3 воды несет в среднем 2300 г твердого материала, Волга — 100 г, Нева — только 10 г. И все же примерно через 2 тыс. лет остров Котлин, на котором стоит Кронштадт, может соединиться с материком.

Реки и их деятельность

У реки различают русло коренное, в котором она течет при низком (меженном) уровне воды, и пойму — часть дна речной долины, расположенную по сторонам коренного русла реки. При разливе реки пойма затопляется водой.

Речная долина под влиянием боковой эрозии (размыва) постепенно расширяется. Кроме того, русло реки иногда удлиняется в сторону верховья, подобно растущему оврагу; это пятящаяся (попятная) эрозия. Если наклон местности, по которой течет река, большой, то ее русло все время углубляется. Нижним пределом такого углубления служит уровень озера, моря или другой реки, в которую впадает река. Этот уровень называют *базисом эрозии*.

С берега реки видны террасы, расположенные ступенями на склонах речной долины. Это коренные террасы, остатки древних пойм реки. Они образовались при постепенном размыве рекой горных или осадочных пород. Террасу, которая расположена над современной поймой, называют первой, хотя она образовалась последней. Террас у реки может быть несколько.

Часто посреди широкой долины с высокими откосами течет небольшая речка. Можно подумать, что когда-то здесь протекала широкая и глубокая река, потом она высохла и остался от нее небольшой ручеек. В действительности даже небольшая речка, постепенно углубляя и изменяя свое русло, может с течением времени прорыть широкую и глубокую долину.

Речной поток, размывая берега и откладывая наносы, изменяет русло реки, что влияет и на направление потока. Так поток и русло находятся в постоянном взаимодействии. Река иногда образует крутые повороты и очень часто плавные излучины (меандры), а на дне промывает ямы, над которыми кружат водовороты, порой опасные для купающихся.

Как правило, у всех рек, текущих в Северном полушарии, левые берега отлогие, они образованы наносами, а правые — обрывистые. Причина это-

Реки образуют на поверхности Земли густую сеть. Она охватывает своим узором почти всю поверхность суши, и лишь в некоторых районах, главным образом в пустынях, вы увидите на карте одинокие голубые линии.

В жизни людей реки играют огромную роль. Издавна человек использует воду рек для своих потребностей. С незапамятных времен реки служат путями сообщения; речную воду используют для орошения и промышленности.

Горные ледники питают многочисленные ручьи и реки.

Поток стремительно несется вниз, перекатывая по дну большие камни.

Ущелье, прорезанное рекой Джермук (Армянская ССР).

Весеннее половодье, вызванное таянием снегов.

Таких небольших лесных речек множество на Восточно-Европейской равнине.

го — отклоняющая сила вращения Земли. Под ее влиянием всякое свободно движущееся тело отклоняется от направления своего движения в Северном полушарии вправо, а в Южном — влево. В Южном полушарии у рек крутыми и подмытыми обычно бывают левые берега. Размыв берегов и отложение наносов особенно энергично развиваются во время половодья, когда повышается уровень реки и ускоряется ее течение.

У вогнутого, подмытого приглубого берега течение реки всегда быстрее, чем у выпуклого и отмелого. У дна из-за трения о грунт течение замедленное.

На поперечном разрезе реки самое быстрое течение у поверхности воды на «стрежне», в наиболее глубокой ее части.

Там, где русло реки перегораживают выходы скалистых пород, вода кипит и бурлит, как в котле. Такие места называют *порогами*. Они очень красивы, но мешают судоходству.

Если русло реки внезапно и резко понижается, образуется *водопад*. Чаще всего водопады встречаются в горных районах или на границе гористой и равнинной местности. Мелководные участки реки, встречающиеся на излучинах, обычно называют *перекатами*.

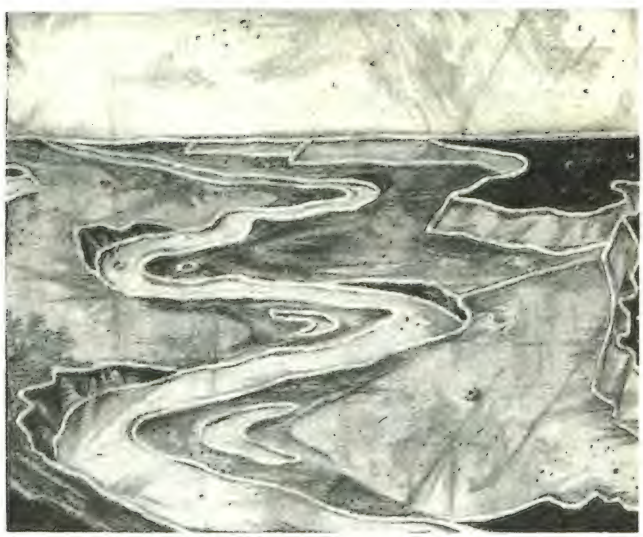
Иногда во время паводка река настолько засоряет наносами старое русло, что ей приходится прокладывать новое. У нас к таким «блуждающим» рекам относится Амударья, легко меняющая русло среди низменных берегов, образованных ее же наносами. За это ее прозвали бешеной рекой. Так за несколько лет Амударья смыла значительную часть большого города Турткуль. В 1960 г. она вдруг повернула под прямым углом и стала пробиваться к одному из самых крупных оросительных каналов. Ее остановили, но через год она возобновила атаку. Сейчас, когда значительная часть амударьинской воды направляется в Каракумский канал и используется на орошение, а низкие берега реки ограждаются дамбами, она уже не может по своей прихоти менять русло.

Среди зарубежных рек особенно большие беды населению приносили блуждания реки Хуанхэ, которая за 4 тыс. лет 7 раз меняла свое русло.

Скорость течения реки зависит от уклона водной поверхности. У равнинных рек уклоны невелики — не более 0,2 м на 1 км русла, у горных рек они достигают иногда десятков метров на 1 км. Падение уровня Волги при длине 3690 км составляет 256 м, средний уклон 0,07 м, а падение Куры при длине реки 1515 км равно 2742 м, т. е. средний уклон 1,8 м.

Две стадии образования речной долины.

Река, подмывая свои берега и переотлагая наносы, расширяет долину и образует излучины — меандры.



У вогнутого, подмытого приглубого берега течение реки всегда быстрее, чем у выпуклого и отмелого.

Наименьший уклон реки в низовьях, у впадения ее в море. Здесь течение ослабевает, вода сбрасывает груз наносов, ставший для нее непосильным. Из откладывающихся наносов река намывает илистые или песчаные острова, среди которых основной поток дробится на многочисленные рукава. Так образуется *дельта*, которая постепенно растет и выдвигается в море за счет наносов песка и ила.

Если река впадает в море, где у берегов сильные приливные течения, они относят наносы от берега и образуют устье воронкообразной формы — *эстуарий*. Эстуарии образуются также на берегах, опускающихся под влиянием тектонических процессов: морская вода проникает в устья и расширяет их.

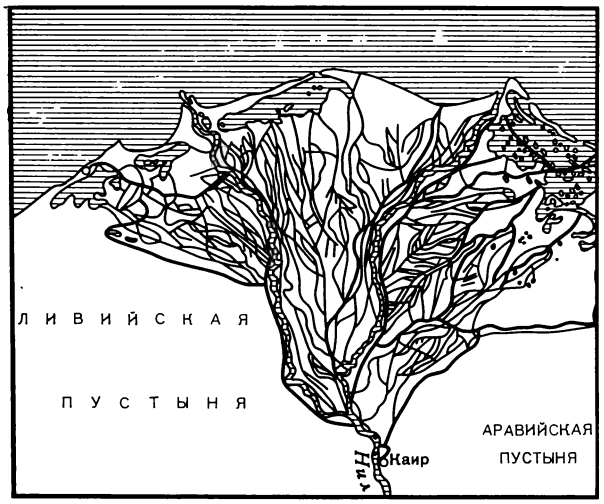
Река откладывает наносы везде, где замедляется течение. Оседая на дно, они образуют мели, косы, мелководные перекаты. Местами наносы из года в год повышают русло реки. Во время паводка это грозит опасными наводнениями. В таких местах реки ограждают высокими дамбами, которые время от времени приходится наращивать. Дамбами ограждены некоторые участки Миссисипи в США, Красной во Вьетнаме, наших рек Кубани и Куры и многих других. Из-за этого, например, город Новый Орлеан в США оказался в котловине, над которой возвышается русло Миссисипи. Жители города смотрят на проходящие по реке пароходы снизу вверх. У домов в городе нет подвалов, так как их затопила бы подземная вода.

К числу многих свойств, которыми обладает вода, относится ее способность расширяться при переходе из жидкого состояния в твердое — в лед.

Лед легче воды потому, что молекулы его расположены менее плотно, чем молекулы воды. Будь он тяжелее воды, он бы тонул. Тогда реки и озера промерзали бы до дна, а все живое в них погибало. В некоторых особенно холодных районах Земли, например на севере Сибири, небольшие реки промерзают до дна. Но это не значит, что они совершенно замирают до весны: речная вода медленно сочится под слоем льда в порах донных отложений. При подъеме уровня воды в реке, скованной льдом, вода вытекает иногда на ее поверхность и образует наледи. В быстро текущих реках вода местами переохлаждается на несколько сотых долей градуса ниже нуля, и тогда в ней образуется *внутриводный лед*. Он осаждается на дно в местах, где течение замедленно, и создает на реке заторы, закупоривает фильтры в трубах водозаборных сооружений и уменьшает напор воды у гидроэлектростанций.

Льдом покрываются реки и другие водоемы в зонах холодного и умеренного климата и лишь в очень редкие годы — в зоне субтропиков.

Дельта Нила. За счет наносов, приносимых рекой, дельта растет и выдвигается в море.



Реки и человек

Реки, как было сказано, за год выносят в океаны и моря более 35 тыс. км³ воды. Из этого количества в Атлантический и Северный Ледовитый океаны стекает 57% и только 41% — в Тихий и Индийский океаны. Оставшиеся 2% речного стока приходятся на бессточные области Средней Азии, Африки, Европы и Австралии. В этих областях реки впадают в бессточные озера, такие, как Каспийское и Аральское моря, Мертвое море в Палестине, озеро Эйр в Австралии и др. Некоторые реки почти полностью используются на орошение, иногда теряются в песках пустынь, образуя своеобразные «дельты» (как у Мургаба или Теджена). По отношению к мировому стоку речной сток Азии составляет 34%, Южной Америки — 21%, Северной Америки — 14%, Африки — 11%, Европы — 8%, Австралии (с Тасманией, Новой Гвинеей и Новой Зеландией) — 5%; сток полярных ледников Гренландии, Антарктиды и других в виде айсбергов равен 7% стока всей суши земного шара.

Все реки СССР можно разделить на три группы. На север в моря Атлантического и Северного Ледовитого океанов направляется 66% речного стока. Реки здесь на значительном протяжении текут по таежным дебрям, по тундре и пересекают холодные, малоплодородные и без того достаточно увлажненные земли. На восток, в Тихий океан, попадает 20% стока, на юг, в Черное, Азовское и Каспийское моря, где много солнца и плодородная почва,— все-

Озера занимают 2% поверхности суши. В СССР более 250 тыс. больших и малых озер.

Внизу — озеро Рица, небольшое горное озеро на Кавказе, питаемое ледником.

го 10,5%; в бессточных областях Средней Азии протекает 3,5%. При таком неблагоприятном распределении поверхностного стока 8 млн. км² территории СССР требуют дополнительного обводнения, а 2 млн. км² в заболоченных районах — осушения.

По берегам рек издавна селился человек. Передвигаясь по ним, он совершал первые географические открытия. Долины рек служили колыбелью культуры многих народов.

В наше время, как и встарь, реки доставляют питьевую воду, служат водными путями для транспорта, отдают человеку непрерывно возобновляющуюся энергию, снабжают его рыбой и отводят загрязненные воды. Но численность населения увеличивается, растет потребность в воде, и приходится перебрасывать воду по каналам из увлажненных районов в засушливые, соединять судоходными каналами речные системы, перегораживать реки плотинами, чтобы запасать воду в водохранилищах.

Водохранилища обеспечивают бесперебойное водоснабжение круглый год и даже в засушливое время. Запасенную в них воду используют для работы гидроэлектростанций, удельный вес которых в энергетическом хозяйстве многих стран весьма велик. Во Франции, например, реки дают 50% потребляемой электроэнергии, в Канаде — до 90%, в Норвегии — 99%. В России в 1913 г. вырабатывалось всего 0,04 млрд. квт·ч гидроэлектроэнергии. К 1970 г. эта цифра возросла до 130 млрд. квт·ч, что составило 16% всей электроэнергии, потребляемой в стране.

Объем воды в водохранилищах, действующих и строящихся на территории СССР, приблизился в 1970 г. к 800 км³; общая площадь их превышает 100 тыс. км².

Объем водохранилищ во всем мире превысил 2000 км³. Именно такого суммарного объема воды (2000 км³) достигнут в Советском Союзе водохранилища в 2000 г.

Немаловажную роль в экономике государства играют каналы; они служат для снабжения водой, орошения и осушения территории, а также для движения судов. Например, такие крупные судоходные каналы, как Беломорско-Балтийский, Волго-Донской, Волго-Балтийский, канал имени Москвы и Днепро-Бугский, образуют единую сеть внутренних водных путей на Европейской территории Советского Союза. Канал имени Москвы снабжает водой нашу столицу. Крупные ирригационные системы Северного Крыма, Заволжья, Голодной степи и многие другие орошают 11 млн. га сельскохозяйственных угодий. В ближайшие десять лет площадь орошаемых земель в нашей стране решено удвоить — это позволит обеспечить гарантированные (не боящиеся засух) урожаи.

В воде непрерывно происходят химические и биохимические реакции, поэтому речная вода способна самоочищаться от поступающих в нее органических и минеральных загрязнений. В настоящее время бытовые и промышленные стоки намного превысили природную способность воды к самоочищению.

Вода сотен рек США, стран Западной Европы и других стран стала непригодной для питья, в ней гибнет рыба, исчезает растительность. Про западноевропейскую реку Рейн, пересекающую несколько

Кальдера — огромная котловина на месте обвалившейся вершины вулкана, заполненная кратерным озером.

Внизу — высокогорное озеро Севан в Армянской ССР.

Байкал — самое глубокое озеро в мире (1741 м). Объем воды в нем — 23 тыс. км³.

Внизу — ледниковое «Зеленое» озеро в горах Кавказа.

государств, говорят, что она превратилась в сточную канаву. Это одна из наиболее загрязненных рек Европы. В ее водах гибнет все живое. Не избежали этой участи и некоторые реки СССР.

Во всех странах мира законы ограничивают сброс сточных вод в водоемы, но они не всегда соблюдаются.

В СССР закон об использовании и охране водных ресурсов, принятый Верховным Советом в 1970 г., категорически запрещает сброс в водоемы неочищенных стоков и введение в эксплуатацию новых промышленных предприятий без очистных сооружений.

Озера

Многие реки впадают в озера или вытекают из них. Озера занимают 2% поверхности суши, а объем воды в них около 230 тыс. км³.

В СССР более 250 тыс. больших и малых озер. Наиболее богаты ими Карельская АССР, Новгородская, Калининская области и некоторые области Сибири. В Финляндии озера занимают 15% территории страны.

Добыча соли на озере Баскунчак.

Большие озера несколько смягчают климат окружающей их суши. Зима становится теплее, лето не такое жаркое. Так, на берегах озера Байкал средняя температура января редко опускается ниже —9°, тогда как в Верхоленске, расположенном всего в 75 км от озера, средняя январская температура воздуха —25°. Но главное — озера регулируют сток рек.

Чаши озер, заполненные водой, бывают различного происхождения. Ладожское, Онежское и Великие озера в Северной Америке заполнили котловины, возникшие в результате медленного и плавного опускания земной коры. Байкал, Телецкое озеро на Алтае и незамерзающее озеро Иссык-Куль на Тянь-Шане образовались в результате сбросов и смещений земной коры. Озера Кроноцкое и Курильское на Камчатке — заполненные водой кратеры потухших вулканов. А озеро Ильмень, валдайские и карельские озера занимают углубления и борозды, выпаханные древними ледниками. Местами озера образовались благодаря запрудам, созданным моренами отступающих ледников. На Памире в 1911 г. при сильном обвале, запрудившем бурную горную реку Бартанг, образовалось глубокое Сарезское озеро. В местах, где верхние слои земной коры сложены известняком, гипсом и другими породами, которые легко растворяются и размываются водой, появляются карстовые, или провальные, котловины. Озера в карстовых котловинах встречаются в Якутии, Башкирии и других районах страны. В поймах рек также нередко образуются озера, они заполняются водой во время паводка. Обычно это прежние русла рек — *старицы*. На берегах морей встречаются *лагуны* — морские соленые озера, отделенные от моря косами из песка или галечника.

Реки выносят в озера большое количество твердого материала и растворенных в воде минеральных веществ. Наносы отлагаются на дне. Со временем многие небольшие озера мелеют, зарастают водной растительностью, а позже совсем отмирают и превращаются в торфяные болота. В бессточных озерах от накопленных минеральных веществ вода постепенно становится соленой. Самые большие соленые озера в СССР — Каспийское и Аральское моря. Озера Поволжья — Эльтон и Баскунчак — славятся добычей осаждающейся в них поваренной соли.

Аральское и Каспийское моря некогда соединялись с Черным морем. В еще более давние времена Каспийское море соединялось также с Северным Ледовитым океаном. С тех времен, очевидно, в Каспии обитают тюлени, сохранившие привычки своих северных родичей: они производят на свет потомство на льду в северной мелководной части моря, замерзающей зимой.

Уровень Каспийского моря на 28 м ниже уровня океана. Наибольшая глубина моря в южной части 1025 м. Каспийская впадина образовалась на месте разлома и опускания земной коры. Соленость каспийской воды около 14 г солей на 1 кг воды, или 14‰ (промилле). Реки Волга, Урал, Кура, Терек и другие в начале нашего столетия приносили почти столько же воды в Каспий, сколько испарялось с его поверхности, и поэтому уровень моря существенно не менялся. Но за последние 35 лет уровень понизился в результате изменения климатических условий (уменьшились количество атмосферных осадков и речной сток, и увеличилось испарение). Частично на уровень моря повлияли забор воды на орошение из впадающих в него рек и задержание стока на полях. Понижение уровня Каспия затруднило судоходство и нанесло ущерб его рыбным богатствам. Предлагаются разные проекты прекращения падения уровня Каспийского моря.

Существует мнение, что не следует спасать соленый водоем, расходуя драгоценную пресную воду, которой уже сейчас не хватает в Европейской части страны для растущего населения, промышленности и орошения. Поэтому разрабатываются проекты повышения уровня Каспия путем уменьшения площади его мелководий, где особенно сильно испаряется вода; для этого предлагают отгородить некоторые заливы дамбами. Выдвинуты также предложения о переброске в Каспий черноморских вод, однако последующее за этим увеличение солености каспийской воды может повлечь гибель каспийской фауны, весьма отличной от черноморской, и в частности ценной породы осетровых рыб. В 1970 г. утвержден проект поворота на юг некоторой части стока рек Вычегды и Печоры. Для этого будет создано большое водохранилище; из него паводковая вода северных рек потечет через Каму и Волгу в

Каспий, после чего уровень моря постепенно восстановится.

Много каспийской воды испаряет залив Кара-Богаз-Гол, уровень воды в котором ниже, чем в Каспии. Было время, когда думали, что в этом заливе находится бездонная пропасть, куда уходит притекающая вода. Оказывается, в мелководном заливе, окруженном со всех сторон пустыней, под действием сухих горячих ветров вода испаряется быстрее, чем в соседнем с ним море, поэтому уровень в заливе ниже и вода непрерывной струей течет из моря в залив.

Сейчас в проливе, соединяющем залив с морем, образовался настоящий водопад; пожалуй, единственный в мире морской водопад. Соленость воды в заливе 200‰. Зимой, когда температура воды в заливе понижается до 8°, на дно залива осаждается глауберова соль.

Аральское море питают две реки: Амударья и Сырдарья, воды которых широко используются для орошения. Сейчас соленость аральской воды около 12‰. Уровень Аральского моря понижается. По поводу того, следует ли сохранить это море среди пустыни, между учеными ведется спор, однако окончательное решение его будет, видимо, в пользу сохранения Арала.

Большие соленые озера встречаются и в некоторых других странах. Наиболее известное из них Мертвое море в Палестине. Соленость воды в Мертвом море 270‰, что в 7,7 раза превышает соленость океанской воды.

В отличие от бессточных озер проточные обычно остаются пресными. В этом отношении замечателен наш Байкал: в него впадает более 300 рек, а вытекает лишь одна Ангара. В естественном состоянии байкальская вода отличается необыкновенной чистотой. Многие, даже большие озера в Европе и Америке, подобно рекам, сильно загрязнены. В СССР озера избежали этой участи, а после принятия водного закона они станут еще чище.

Среди озер мира есть несколько подлинных диковинок природы. Так, например, озеро Пауэлл Лейк в Северной Америке и некоторые озера в Норвегии представляют собой древние морские заливы, отрезанные от моря и впоследствии поднятые над уровнем моря вместе с сушей. Верхние слои воды в них совершенно пресные, а под ними лишь слегка опресненные древние морские воды.

Удивительны «блуждающие» озера в пустынях Центральной Азии. Их жизнь зависит от каприза рек, меняющих свое русло. К числу таких озер принадлежит озеро Лобнор. По описаниям Пржевальского, оно в XIX в. находилось не там, где сейчас, и было пресным. В наше время озеро Лобнор стало соленым.

Недавно в Антарктиде обнаружены три удивительных озера. Одно совсем не замерзающее, а два с температурой глубинной воды в одном +8°, а в другом +22°, хотя оба круглый год покрыты льдом. Воду в этих озерах подогревает тепло Земли. Глубинная вода в них теплая, очень соленая; она плотнее холодной поверхностной, и поэтому с ней не перемешивается.

Пресноводные озера в районах умеренного и полярного климата зимой под покровом льда тоже сохраняют относительно теплую воду. Это происходит потому, что при температуре 4° пресная вода приобретает наибольшую плотность. При дальнейшем охлаждении вода становится менее плотной и потому более легкой. Как только осенью вся толща воды в озере охладится до 4°, верхний ее слой, который продолжает охлаждаться, становится легче, чем вода, находящаяся под ним. Он как бы плавает поверх более теплой, но более тяжелой глубинной воды. С этого момента перемешивание воды прекращается и верхний холодный слой воды, а потом и лед предохраняют озеро от остывания. Зимняя температура глубинной воды в озерах держится обычно в пределах от 1 до 4° тепла. Если же ее температура понижается до нуля, озеро промерзает до дна. Но это бывает только с очень мелкими озерами и лишь на самом Крайнем Севере. Иногда в теплую зиму посредине озера долго остается полынья. Причина тому — ветер. Он сгоняет с поверхности полыньи холодную воду под лед, а на ее место сейчас же поднимается теплая глубинная вода, которая и не дает полынье затянуться льдом до тех пор, пока дует сильный ветер и пока в глубинах озера достаточно теплой воды.

Реки и озера располагаются на поверхности суши неравномерно, а это создает немалые трудности для многих отраслей народного хозяйства. Уже сейчас во многих крупных городах и густонаселенных промышленных районах, не говоря о засушливых областях, не хватает ни речной, ни озерной воды. Поэтому во многих странах непрерывно увеличивается число искусственных озер — водохранилищ, в которых накапливают полые и паводковые воды с тем, чтобы использовать их в меженный период, когда реки особенно мелководны. Иногда водохранилищем служат естественные озера, если плотину, регулирующую сток, строят на вытекающих из них реках. Так, плотина гидростанции на реке Свирь регулирует уровень Онежского озера, Иркутской ГЭС на Ангаре — уровень Байкала, а Бухтарминской ГЭС на Иртыше — озера Зайсан.

Подземные воды

«Вода вездесуща, и нет минерала или иного тела на Земле, в состав которого она бы не входила и на строение которого не влияла»,— писал академик В. И. Вернадский. Действительно, если бы земная кора стала вдруг прозрачной, мы бы увидели, что она до самых больших глубин пронизана водоносными пластами или заполненными водой трещинами.

Объем всех подземных вод в земной коре во всех состояниях огромен — 60 000 тыс. км^3.

В зоне активного водообмена, от поверхности примерно до глубины 800 м, содержится около 4 млн. км^3 воды.

Рассказывая о происхождении океана, мы говорили, что пары воды выделялись из первичного вещества планеты. И сейчас на глубине идет этот процесс, причем пары воды поднимаются вверх. Часть их выбрасывается на поверхность Земли при извержении вулканов. В толщу материков по их окраинам фильтруется морская вода. По закону сообщающихся сосудов она должна располагаться очень глубоко — ниже уровня моря. Под влиянием повышения температуры и давления вода также выделяется из горных пород при их погружении на глубину вследствие тектонических процессов. Это всё второстепенные источники подземных вод.

Основной же источник пополнения подземных вод — атмосферные осадки. Они непосредственно просачиваются в грунт после дождя и при таянии снега или фильтруются в грунт через реки и озера. Кроме того, вода конденсируется в верхних слоях грунта при охлаждении водяных паров.

У поверхности грунта располагаются *почвенные воды* (верховодка). Воды эти неустойчивы, они обильно увлажняют почву в дождливое время и почти исчезают в засушливый период. С почвенными водами связано основное питание растений влагой и, следовательно, плодородие почвы. Накопление и сбережение почвенной влаги — одна из главных забот земледельцев. Рыхление почвы увеличивает фильтрацию атмосферных осадков, открывает доступ воздуху, несущему водяные пары к корням растений и, нарушая систему капилляров, уменьшает испарение.

Вода с поверхности просачивается в грунт до водоупорного слоя, например глины. После этого она начинает сочиться вдоль по его уклону. Так образуется верхний подземный *водоносный слой*. Если водоносный слой зажат между двумя водоупорными слоями, его называют *межпластовым*. В пониженной части такого слоя образуется гидравлический напор: он стремится выжать воду через естественную или искусственную скважину и даже выбросить ее фонтаном до уровня, на котором находится более высокая часть этого слоя. Подземные напорные воды называют *артезианскими*, от слова «артезия» — древнее название французской провинции Артезия, где в XIII в. был вырыт первый в Европе глубокий колодец. Артезианская вода профильтрована через поры грунта и отличается чистотой.

В школе вы познакомились с одним из свойств жидкостей — капиллярностью. В некоторых случаях жидкость не повинуется силе тяжести, а, смачивая стенки заключающей ее трубки, поднимается до тех пор, пока вес столбика воды и сила капиллярного поднятия не уравновесятся. Чем тоньше трубка, тем выше поднимется жидкость. То же происходит с водой в порах грунта. Капиллярная вода в зависимости от диаметра пор между частицами грунта поднимается над водоносным слоем то выше, то ниже, поэтому поверхность верхнего водоносного слоя неровная. Ее называют *капиллярной каймой*. Ровную поверхность подземной воды можно увидеть только в колодце.

В засушливых районах почвенная вода не достигает уровня подземных вод и как бы повисает над ними, поэтому ее иногда называют *подвешенной*. Капиллярность удерживает подвешенную (почвенную) воду в порах грунта и подтягивает кверху по мере испарения ее с поверхности почвы.

Между почвенной (подвешенной) и грунтовой водой расположен слой, содержащий только пленочную воду. Эта вода обволакивает частицы грунта и удерживается на них с силой, которая намного превышает всасывающую силу корней.

Когда в жарких засушливых странах, где велико испарение, капиллярная кайма подземного водоносного слоя поднимается к поверхности или смыкается с почвенной водой, происходит засоление почвы. Вода испаряется и оставляет на поверхности Земли растворенные в ней соли. Это нередко случается и на полях с искусственным орошением, если их не промывать и не удалять избыток воды с помощью дренажных канав, глубоких колодцев или труб, проложенных в подпочвенном слое.

Вода под землей встречается в жидком состоянии, твердом (лед в районах вечной мерзлоты) и газообразном (пар). С глубиной пресную холодную воду сменяют теплые слабо минерализованные воды, потом горячие сильно минерализованные. Степень минерализации воды зависит от времени пребывания ее под землей и от пород, в которых она находится, а температура воды — от температуры и давления на глубине.

С глубиной физическое состояние воды меняется. Сначала переходят в жидкое состояние водяные па-

Карстовая пещера Крыма в горе Чатыр-Даг, промытая водой. Видны известковые наплывы — сталактиты и сталагмиты.

ры и обычный «холодный» лед. С повышением температуры и давления освобождается от молекулярного притяжения пленочная вода. При сильном повышении температуры освобождается вода, заключенная в кристаллических решетках минералов (см. стр. 56). Эта так называемая кристаллизационная вода участвует в построении молекул вещества и выделяется только при их разрушении под влиянием нагрева. Количество этой воды не так уже мало, в некоторых минералах ее весовое количество достигает 20% и даже больше.

Растущее с глубиной давление опережает нагрев воды и не позволяет ей превратиться в пар даже при температуре, превышающей критическую (374°, 15).

На очень больших глубинах вода в земной коре уплотняется и, вероятно, представляет собой нечто вроде «горячего льда». Такой «лед» с температурой +80° удавалось получать под давлением в десятки тысяч атмосфер в лабораторных условиях. При нормальном атмосферном давлении и температуре более 1000° вода разлагается на составляющие ее газы — водород и кислород. Но огромное давление в глубинах земной коры препятствует этому процессу или затрудняет его.

Вода, подогретая теплом, которое выделяется из мантии, подстилающей земную кору, местами поднимается вверх. Такие места называют термическими окнами. После охлаждения в верхних слоях коры вода под действием силы тяжести опять опускается вниз. В земной коре возникают внутренние круговороты воды, которые переносят, отлагают, снова растворяют и переотлагают различные соли и образуют залежи рудных ископаемых.

Минерализованные подземные воды и сами могут служить «жидкой рудой», пригодной для промышленного получения различных химических элементов. Из воды соленых источников издавна выпаривалась поваренная соль, в Японии из гидротермальных вод добывается германий (ценный полупроводник), в Италии из подземной пароводяной смеси извлекаются борная кислота, хлористый аммоний и углекислота. Богаты минеральными солями и термальные воды Советского Союза.

Подземные воды при выходе на поверхность испаряются, откладывают часть содержащихся в них химических элементов и образуют «ореолы рассеяния». По ним геологи находят рудные залежи меди, цинка, свинца, мышьяка, а также редкие элементы: уран, торий, ванадий, молибден, золото и др.

В горных и предгорных районах нередко глубинные горячие и сильно минерализованные воды, поднимаясь к поверхности Земли, встречаются с подземными водами, недавно образовавшимися из атмосферных осадков и потому богатыми кислородом. В таких местах возникают мощные термальные источники и рудные месторождения, например на Кавказе и в горных областях Средней Азии.

Подземные воды верхних горизонтов тесно связаны с близлежащими реками. Вода разлившихся весной ручьев и рек проникает в грунт, увеличивает запасы подземных вод и повышает их уровень. В засушливое время года, наоборот, уровень воды в реках понижается и подземные воды отдают им свой «долг», предохраняя реки от обмеления. Подземное питание представляет собой очень важную и почти неизменяющуюся часть общего питания рек. В среднем для всей суши оно равно $^1/_3$ годового стока рек, а для рек СССР несколько меньше — около $^1/_4$ речного стока, т. е. примерно 1000 км^3. Объясняется это тем, что самые полноводные реки на территории Советского Союза протекают в основном по районам вечной мерзлоты, где подземный сток очень мал.

В СССР области сплошного распространения пресных подземных вод — равнины (за исключением засушливых), межгорные впадины и склоны горных хребтов, покрытые мощным слоем рыхлых осадков. В пустынях и полупустынях встречаются линзы пресных вод, как бы плавающие на поверхности более глубоких минерализованных вод. Эти линзы образованы местными атмосферными осадками или фильтрацией из рек, тогда как подстилающие их соленые воды поступили из дальних предгорных районов и за долгое время пребывания под землей сильно осолонились.

Общие эксплуатационные ресурсы подземных пресных вод на территории СССР оцениваются примерно в 200—250 км^3, что близко к годовому стоку Волги. Накопление пресных подземных вод — процесс долгий, поэтому расходовать их надо осмотрительно, преимущественно на бытовые нужды и пищевую промышленность.

Подземные пресные воды играют большую роль в водоснабжении. Миллионы буровых скважин и колодцев снабжают водой население всех пяти частей света. Около 80% сельского и половина городского населения Советского Союза пользуются пресными подземными водами. В Дании, Бельгии и Финляндии из подземных ресурсов берут 90% воды, в Голландии, Марокко — 70% и т. д. В некоторых районах земного шара подземные воды сильно истощены. В Калифорнии за 20 лет уровень подземных вод понизился на 30 м. «Перерасход» подземных вод отмечен и в некоторых районах СССР. Очень часто к истощению грунтовых вод и понижению их уровня приводит чрезмерная вырубка лесов. В случае, если забор воды превышает ее приток, под землей образуются «воронки», а местами часть территории оседает, как это случилось в Токио и Мехико.

При большом потреблении подземных вод, чтобы избежать истощения, их пополняют искусственным путем во время половодья или паводков. Для этого разработаны различные технические приемы, основанные на фильтрации воды в грунт. Подземные «водохранилища» не теряют воду на испарение.

Подземные минеральные воды широко используют в лечебных целях. Теплые (термальные) и горячие (высокотермальные) воды, поднятые на поверхность Земли, обогревают города, теплицы, бассейны и даже вращают турбины электростанций. Термальные воды используются в «стране гейзеров» — Исландии, а также в Новой Зеландии и Италии.

В СССР общие ресурсы термальных вод исчисляются в 15—20 млн. м^3/сутки, что равноценно сжиганию 100 млн. т условного топлива. Небольшая гидротермальная электростанция работает у нас на Камчатке. Ведется строительство еще двух — на Камчатке и на Курильских островах. Термальные воды обогревают здания в Махачкале, Тбилиси, Грозном, Ташкенте. Разработаны проекты использования термальных вод для городских нужд еще в 60 городах.

Подземные пресные воды всегда были и остаются самой ценной частью мирового запаса пресных вод. Их надо разумно расходовать, беречь от загрязнения и, если потребуется, искусственно восстанавливать. Пресные речные, озерные и подземные воды — национальное богатство каждой страны.

Ледники

В Арктике и Антарктике — полярных областях нашей планеты, а также высоко в горах поверхность Земли постоянно покрыта льдом и снегом. Здесь распространены *ледники* — многолетние скопления льда, обладающие собственным движением. Они занимают 16,2 млн. км², или почти 11% всей суши.

Все ледники суши можно разделить на горные и покровные. Форма *горных ледников* зависит от окружающего рельефа и уклона поверхности. Ледники сползают по склону под действием силы тяжести. *Покровные ледники* могут располагаться и на плоском ровном рельефе. По форме они подобны круглому каравaю хлеба, да и растекаются так же, как тесто, когда его кладут на ровную поверхность.

Ледники Гренландского щита (вид с самолета).

Условия образования и строение ледников

Ледники образуются в тех местах, где накопившийся за долгую зиму снег летом не успевает растаять. Уровень, ниже которого стаивает весь снег, накопившийся зимой, называется *снеговой линией*. Эту линию можно увидеть в горах в конце лета: она отделяет верхние ослепительно белые части склонов от темных бесснежных нижних. Большинство ледников лежит выше снеговой линии, но языки многих из них спускаются и ниже; иногда они оканчиваются среди склонов, покрытых зелеными лесами, как это можно увидеть в Новой Зеландии.

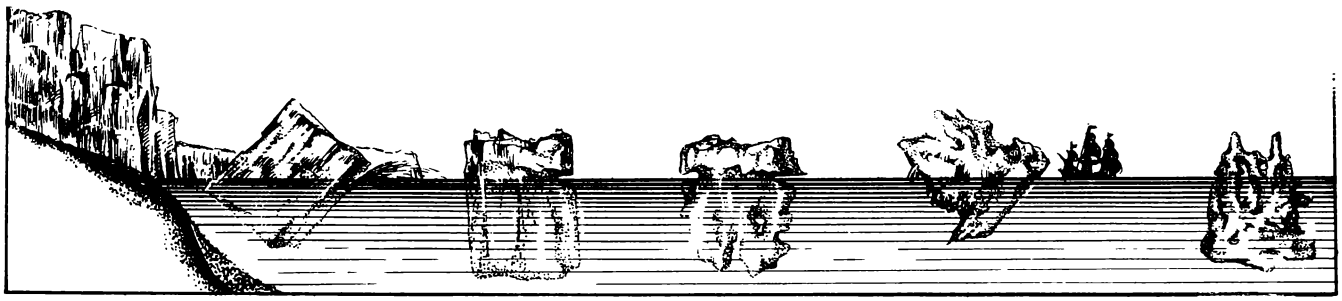
Один из крупнейших горных ледников — ледник Бернард на Аляске.

Снеговая линия в разных местах земного шара лежит на разной высоте, в зависимости от климата. Выше всего она в тропических районах — самых жарких и сухих на Земле, но несколько опускается к экватору, где выпадает много осадков. По мере приближения к полюсам снеговая линия проходит все ниже, спускаясь в Антарктике к уровню моря.

Высота снеговой линии изменяется не только с широтой, но и с долготой места. Это объясняется тем, что в глубине континента выпадает меньше осадков, а чем меньше осадков, тем выше лежит снеговая линия. Например, в Альпах, расположенных недалеко от Атлантического океана, снеговая линия проходит на высоте 2700 м над уровнем моря; на Кавказе — уже на высоте 3500 м, в горах Средней Азии — на высотах 4500—5000 м, а в Тибете — выше 6000 м.

Так же и ледники. Они спускаются до уровня моря в Антарктике и во многих местах Арктики, лежат сравнительно невысоко в горах умеренного пояса, соседствующих с океаном, и поднимаются в подне-

Так из материковых льдов образуются айсберги.



бесье высочайших гор на Земле, находящихся в глубине континентов и в тропиках.

Но не только климат управляет ледниками. Велико воздействие и самих льдов на климат. Особенно большое влияние оказывает Антарктида, где зимой температура воздуха опускается иногда до —80°, а огромные массы льда имеют постоянную температуру от —30 до —50°. Это гигантский холодильник нашей планеты, влияние которого распространяется на весь земной шар.

В Арктике главный источник холода — плавучие морские льды, а также ледники, покрывающие множество островов, в том числе и самый большой остров на Земле — Гренландию. И в Арктике и в Антарктике льды отражают до 80% солнечной энергии, и, несмотря на то что Солнце здесь не заходит за горизонт в течение всего лета, они по-прежнему остаются холодными и тают очень мало.

Обширные массивы льдов у полюсов — одна из главных причин современной географической зональности на Земле. Не будь этих льдов, в полярных областях стало бы гораздо теплее, а климат Земли оказался бы более мягким и более ровным на всех широтах.

Факты из геологической истории говорят о том, что именно таким и был земной климат несколько миллионов лет назад, когда ледников на Земле не было.

Ежегодный жизненный цикл ледника состоит из двух частей: прихода вещества в течение длинной зимы и его расхода в течение короткого лета. «Питаются» ледники снегом, который попадает на их поверхность во время снегопадов и метелей или приносится лавинами с окружающих склонов.

Летом, когда температура воздуха поднимается выше 0°, снег на поверхности ледника начинает таять и превращается в *фирн* — переходную стадию между снегом и льдом. Фирн состоит из отдельных оплавленных зерен льда, которые крепко спаяны друг с другом, но пока еще не превратились в сплошной ледяной слой.

Проходит еще несколько летних сезонов, и талые воды, замерзая в фирне, окончательно превращают его в лед.

В верховьях ледника накопившийся за зиму снег в летнее время не успевает растаять полностью, и ледниковая поверхность круглый год покрыта здесь снегом и фирном.

Это *область питания* ледника. В нижней части его, которая называется *областью расхода*, наоборот, весь накопленный за зиму снег летом стаивает и в теплое время года на поверхности можно видеть обнаженный лед.

Эти две области ледника разделяет *фирновая линия*.

В наше время на большинстве горных ледников область питания ненамного больше области расхода, а часто они равны по площади. Чем суровее природные условия, тем больше область питания ледника и тем меньше область его расхода. На ледниковом щите Антарктиды, где температура воздуха даже у берега моря так низка, что снег почти не тает, область расхода в 100 раз меньше области питания.

Таким образом в результате ледниковый покров здесь спускается в море и образуются плавучие *шельфовые ледники* — огромные ледяные плиты толщиной 200—300 м, отвесно обрывающиеся в море.

От ледников, оканчивающихся в море, откалываются айсберги — глыбы льда, достигающие в длину и ширину многих километров. Самый большой айсберг видели в Южном океане в 1927 г.— длина его составляла 167 км. Гораздо чаще встречаются в море небольшие айсберги, размером 1—2 км, но и они представляют серьезную угрозу мореплаванию. Известно, что в 1912 г. от столкновения в тумане с айсбергом затонул в Атлантическом океане огромный пассажирский океанский пароход «Титаник», совершавший рейсы между Европой и Северной Америкой.

Айсберги, встречающиеся в Северном Ледовитом океане, называют ледяными островами. Они гораздо меньше антарктических, но удобны для посадки самолетов. Поэтому почти все советские и американские дрейфующие научно-исследовательские станции располагаются на ледяных островах Северного Ледовитого океана.

Ледник Федченко на Памире.

Максимальное распространение четвертичного оледенения в Северном полушарии.

Движение и колебания ледников

Все ледники, независимо от их размеров и формы, движутся. Причиной является свойство льда, который, хотя и тверд и хрупок, при большой толщине под действием силы тяжести становится пластичным и приобретает способность течь. Толщина ледников достаточно велика, чтобы вызвать их течение, хотя и может быть самой различной: от 100 м на большинстве горных ледников до 3—4 км в Антарктиде и Гренландии.

В зависимости от температуры льда и подледного рельефа лед может двигаться сплошным потоком, но часто ледник бывает разбит трещинами на отдельные глыбы. Трещины свидетельствуют о неравномерном движении ледника — более быстром в середине потока, чем у его краев, и в районе фирновой линии по сравнению с верховьями и концом ледника. Коренное ложе, по которому движется ледник, никогда не бывает ровным. Когда лед проходит над каменным порогом, он разламывается во многих местах — возникают *ледопады*, самые опасные и труднопроходимые участки ледников. Скорость движения ледников не одинакова. Самые подвижные ледники находятся в Антарктиде и Гренландии, они проходят за год по километру и более. Многие ледники Кавказского хребта и Альп проползают около 100 м в год, а более крупные — в Тянь-Шане и Памире — обычно перемещаются за год на 150—300 м.

Существует особый тип *пульсирующих ледников*, скорость движения которых регулярно (через каждые 10—20 и более лет) возрастает в десятки и сотни раз, в результате чего большие массы льда выталкиваются из области питания ледника в область его расхода. Резким подвижкам ледников способствует появление воды у их ложа, которая играет роль смазки. Двигаясь, ледники совершают большую разрушительную работу. Они сдирают верхний слой горных пород и, перемещая его вниз, образуют влекомую морену, которая, откладываясь у подножия, образует моренные отложения.

Крупные горные ледники вырабатывают большие углубления на склонах гор, называемые *цирками* за их сходство с цирковым амфитеатром и ареной. Такие же углубления меньшего размера называют *карами*. Эти формы рельефа часто можно увидеть собственными глазами, так как они сейчас почти целиком свободны ото льда, и только на самом дне каров лежат небольшие *каровые ледники*.

Спускаясь с гор, ледники текут в своеобразных созданных ими троговых долинах. В поперечном профиле такая долина напоминает корыто: довольно плоское дно, затем крутые борта и наверху уступы — плечи *трога*.

Известно, что в жизни ледников никогда не было такого периода, когда они оставались бы неизменными. В соответствии с колебаниями климатических условий ледники либо разрастаются, либо отступают. Сотни тысяч лет назад оледенение на Земле достигало 45 млн. км^2, т. е. было почти втрое больше современного. Существующие ледники — остатки обширного четвертичного оледенения.

Ледник Алибек на Кавказе.

Ледниковый грот.

Ледниковое озеро.

Ледниковый «стол».

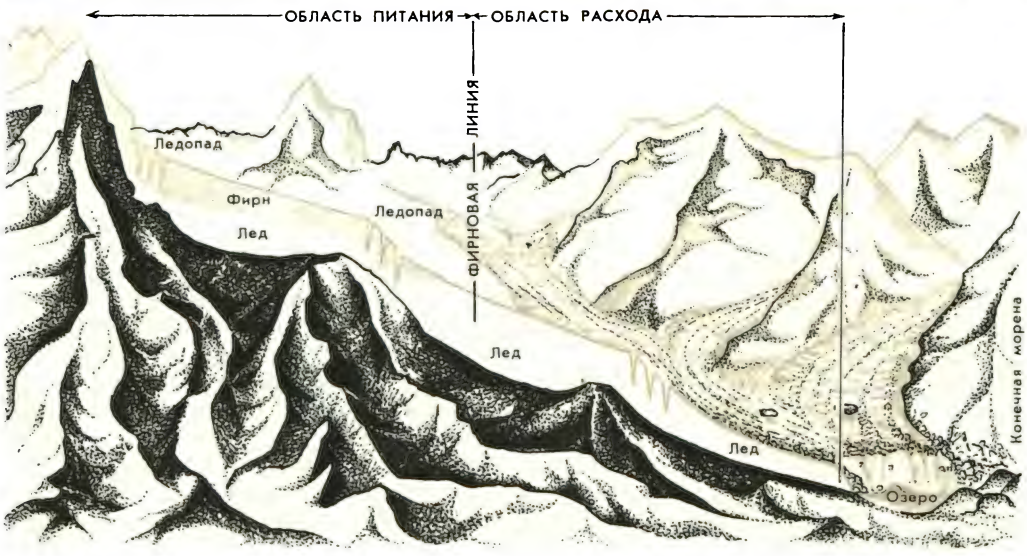


Схема образования ледника.

Это оледенение возникло более миллиона лет назад, и с тех пор ледники стали неотъемлемой частью природы Земли.

В период четвертичного оледенения появился человек.

В Европе ледники четвертичного периода спускались со Скандинавских гор, где находился центр большого ледникового щита, на Русскую равнину. В некоторые периоды они доходили до Москвы.

При таянии этих огромных масс льда возникал особый ледниковый рельеф: чередование бесформенных моренных холмов с впадинами, заполненными в настоящее время озерами.

В течение последних десятков тысяч лет площадь оледенения сокращается, но вместе с тем бывают периоды, когда ледники вновь разрастаются. Последнее большое наступание ледников происходило в середине XIX в., когда, например, на Кавказе языки некоторых ледников спустились в сосновый лес. Но с тех пор ледники повсюду отступают, чему способствует потепление климата, которое было особенно заметным в 40-х годах нашего века. Однако по наблюдениям в последние годы темп отступания ледников замедлился.

На многих ледниках Кавказа, Средней Азии и других стран выпадало очень много снега, не успевавшего стаивать, ледники росли и ползли вниз.

Ледники должны служить человеку

Ледники — это величайшие хранилища пресной воды. Снежинка, попавшая на поверхность ледника, покоится здесь в течение многих лет, прежде чем она растает. Талые воды ледников дают начало рекам, многие из которых по выходе из гор протекают

по плодородным, но засушливым предгорным равнинам.

Ежегодно стаивает лишь очень малая доля от массы всего ледника, и эти талые ледниковые воды в Средней Азии, например, составляют около трети расхода рек.

В некоторые особенно засушливые годы такого количества воды оказывается недостаточно. Увеличить сток можно путем искусственного усиления таяния ледника. Для этого его поверхность посыпают тонким слоем темного порошка, например угольной пылью. Солнечная энергия, большая часть которой обычно отражается от белой поверхности льда и снега, начинает поглощаться темным веществом, лед нагревается больше, таяние усиливается, и сток в реке возрастает. Такой способ увеличения ледникового стока уже применялся на ледниках Средней и Центральной Азии.

В наш век больших потребностей в пресной воде уже не фантастическими представляются и такие идеи, как получение воды от тающих айсбергов, перемещенных из полярных областей и поставленных «на якорь» около больших прибрежных промышленных городов, или, например, переброска в Южную Америку по трубопроводу пресной воды, получаемой от таяния льдов Антарктиды.

Снег и снежные лавины

Если посмотреть на нашу планету из космического пространства, то в глаза бросится белый цвет по крайней мере половины площади материков. Это снежный покров, который лежит одновременно более чем на 70 млн. км^2 земной поверхности, а к концу зимы Северного полушария распространяется до 120 млн. км^2. В это время на Земле накапливается 12—13 триллионов тонн снега.

В природе Советского Союза снег играет исключительную роль, потому что на большей части территории нашей страны он лежит по 4—5 месяцев в году, а в северных районах — по 8—9 месяцев.

Свойства снега

Источник снежного покрова — снежинки. Они образуются в холодных слоях тропосферы при конденсации влаги на носящихся в воздухе пылинках, частичках солей, спорах и пыльце растений и т. п. Опускаясь к Земле через слои воздуха с разной температурой и влажностью, снежинки изменяются: растут, слипаются, дробятся. В результате этого возникает бесчисленное разнообразие форм снежных кристаллов.

Сейчас существует несколько прекрасных атласов, где собраны тысячи фотографий снежинок, и ни одна из них не повторяет другую, хотя у снежных кристаллов есть одно общее свойство — они шестигранны. Чаще всего это бывают красивые звездочки с шестью лучами, шестигранные пластинки, столбики с шестью гранями, похожие на бокалы, запонки и т. д.

Размеры и форма снежинок зависят от температуры воздуха и силы ветров, при которых они выпадают. При сильных морозах в Сибири или в Центральной Антарктиде выпадают мельчайшие снежные кристаллы — столбики, называемые алмазной пылью, а в Подмосковье зимой в теплую тихую погоду можно различить красивые снежные хлопья слипшихся крупных ветвистых звездочек. Но стоит усилиться ветру, и хрупкие снежинки ломаются на мельчайшие осколки, так что часто бывает трудно определить их первоначальную форму.

На поверхности Земли снежинки образуют *снежный покров*. К концу зимы он достигает более метра толщины и состоит из отдельных слоев снега, которые образовались в разное время и при разных условиях. Поэтому эти слои неодинаковы: плотные и рыхлые, из мелкозернистого либо крупнозернистого снега.

Под воздействием ветров, оттепелей, солнечной радиации на поверхности снежного покрова возникает наст, иногда такой прочный, что выдерживает человека. В то же время внутри снежной толщи нижние слои снега разрыхляются и на границе с почвой образуют горизонт глубинной изморози, состоящий из больших (до 5 мм в поперечнике) полых кристаллов.

Снег обладает рядом важных свойств. Снежный покров отражает больше половины лучистой энергии

На большей части территории нашей страны снег лежит 4—5 месяцев в году, а в северных районах — 8—9 месяцев.

Солнца, а наиболее чистый свежевыпавший сухой снег — до 90% солнечных лучей. Это охлаждает территории, покрытые снегом. Снежный покров способен излучать тепловую энергию, и поэтому даже то незначительное тепло, которым он обладает, быстро уходит в атмосферу. В то же время снежный покров, плотность которого обычно не превышает 0,3 г/см^3, очень мало теплопроводен. Даже незначительный его слой предохраняет почву от глубокого промерзания и создает более благоприятные условия для перезимовки растений. В любое время потоки теплого воздуха могут прорываться в районы, где господствует зима и лежит снег. Снег нагревается от теплого воздуха, но только до 0°. Дальше он начинает таять, и температура его не может подняться выше. А поскольку на таяние нужно во много раз больше тепла, чем на нагревание, то прогревание многоснежных районов тормозится.

Стоит усилиться ветру, как массы снега поднимаются с поверхности — возникает *метель*. Снег переносится на несколько километров и откладывается в неровностях рельефа — в оврагах и ложбинах, на лесных опушках, на окраинах поселков. Особенно сильные метели бывают в тундре и в степях, где ветры местами сдувают весь снег с поверхности и откладывают его порою там, где это как раз не нужно. Снежные заносы приносят много хлопот на железных дорогах и автомагистралях нашей страны, они мешают жизни в северных городах, нарушают работу промышленных предприятий.

Чтобы бороться с этими вредными явлениями, надо знать законы переноса снега ветром. В нашей стране издавна ведутся исследования метелей, в них принимал участие и крупнейший аэродинамик Н. Е. Жуковский.

От снежных заносов на дорогах ставят специальные щиты или сажают лесные полосы. В некоторых местах снегозадерживающие щиты расставляют прямо на полях, примыкающих к дорогам, это не только предохраняет от снежных заносов, но и сохраняет влагу в почве. Поэтому часто говорят: «Снег на полях — урожай в закромах».

Эта пословица существует неспроста. В странах умеренного пояса, и в том числе на большей части СССР, весной на реках проходит до половины всего годового стока — вода эта образуется от таяния снежного покрова. Весной талые воды обеспечивают влагой поля, и от снега во многом зависит судьба посевов. Вот почему одна из главных зимних забот земледельцев — провести снегозадержание, чтобы подольше сохранить на полях влагу.

Но чтобы правильнее использовать снежный покров, надо хорошо знать величину снегозапасов. Для этого в нашей стране регулярно проводят *снегомерные съемки*, при которых на определенных маршрутах через равные расстояния измеряют толщину и плотность снежного покрова. Чтобы охватить снегосъемками огромную территорию СССР, начато измерение снежного покрова с самолета. Пройдет еще несколько лет, и появятся новые способы снегосъемок с воздуха — с помощью аэрофотосъемок, радиолокации снежного покрова и измерения радиоизлучения подснежных грунтов.

Но снежный покров используют не только для повышения урожая. Зимой в Советском Союзе строятся снежно-ледяные дороги — «автозимники», позволяющие проникнуть в заболоченные и вообще труднодоступные места, создаются снежно-ледяные склады — холодильники, на снегу устраиваются аэродромы.

Снежные лавины

Накапливаясь на горных склонах, снежный покров под действием силы тяжести срывается вниз *снежной лавиной*. Проходя с огромной скоростью по склону долины, лавины сметают столетние деревья, разрушают дома и дороги, погребая все. В Советском Союзе лавинной опасности подвержены все горные районы.

Причиной возникновения лавин могут быть обильные снегопады, сильные метели, резкие понижения

Снежная лавина, падая вниз, уничтожает все на своем пути.

Лес, поваленный лавиной.

температуры воздуха. Лавины могут сходить и от образовавшегося в толще снега рыхлого горизонта глубинной изморози — в Альпах его назвали *снегом-плывуном*. Особенно много лавин падает со склонов весной, когда снег становится влажным и связи между отдельными снежными кристаллами ослабляются. Лавины обычно сходят периодически на одних и тех же участках склона. По характеру движения их разделяют на *осовы, лотковые* и *прыгающие* лавины. Наиболее безобидны осовы — это соскальзывание снежных масс со склонов вне определенных русел. Как правило, осовы невелики. Большинство лавин спускается по определенным лавинным лоткам — узким ложбинам на склонах с крутыми стенками. По этим ложбинам одновременно может сорваться 200—300, а иногда 500 тыс. т снега. Особенно опасны прыгающие лавины, встречающие на своем пути «трамплины», с которых они «прыгают» в долину, приобретая очень большую скорость и производя значительные разрушения. Нередко лавины подкрадываются внезапно, иногда даже бесшумно. Бывают случаи, когда впереди падающих снежных масс движется воздушная волна, которая приносит еще бóльшие разрушения.

Постоянное падение лавин оставляет глубокие следы в горном ландшафте. В местах частого схода лавины уничтожают деревья и кустарники, создают прочесы в лесу; у подножия склонов возникают безлесные участки в форме полукруга — *конусы выноса лавин* с погребенными почвами и обломками деревьев. Сохраняющиеся в таких местах деревья обычно имеют угнетенный вид: стволы их наклонены в направлении движения лавины, а иногда искривлены в виде сабли. Часто лавины падают в русла рек и перегораживают их. Через некоторое время река прорезает тоннель в снежной запруде, а снежный завал еще долго лежит в речной долине, окончательно стаивая только в конце лета. Изучая следы лавин на местности, можно определить места их схода заблаговременно.

Для предупреждения лавинной опасности существует специальная горно-лавинная служба. В горах находятся небольшие снеголавинные станции, где ведутся постоянные наблюдения за снежным покровом и изменениями погоды, вызывающими сход лавин. На основе этих наблюдений составляют прогнозы лавин. О возникновении лавинной опасности говорит появление трещин в снегу, снежных валиков или влаги на поверхности снежного покрова, нависающих снежных карнизов, ветровых досок, мощного слоя свежевыпавшего снега. Лавинную опасность вызывают резкие перемены погоды: начало обильного снегопада, сильная метель, дождь, оттепель, периоды с ясной солнечной погодой. Источники лавин ищут и внутри снежной толщи, где время от времени появляется ослабленный рыхлый горизонт снега-плывуна. На основе этих данных снеголавинные станции заранее сообщают о сходе лавин, и из всех опасных мест эвакуируют людей, увозят технику, а по дорогам запрещают движение.

Падения лавин иногда можно избежать, если заранее посадить на склонах леса и, конечно, категорически запретить рубку деревьев в лавиноопасных местах. Чтобы предупредить неожиданный сход крупных лавин, их спускают искусственно, обстреливая лавиноопасные склоны из минометов или зенитных орудий.

Для предохранения от лавин горных дорог или линий электропередачи строят противолавинные сооружения. Простейшие из них — лавинорезы: треугольные дамбы, разрезающие лавину и отводящие ее в сторону от защищаемого объекта. При строительстве дорог в местах, где образуются крупные, особенно прыгающие лавины, возводят закрытые галереи. Там, где дорога пересекает русло лотковой лавины, целесообразнее прокладывать ее по мосту так, чтобы лавина проходила под ним. Но гораздо выгоднее вести дорогу не по ровному днищу долины, куда сходят многочисленные лавины, а по крутому склону над лотками этих лавин.

Круговорот воды на Земле

Вся масса воды на Земле находится в непрерывном движении — в круговороте. Вода испаряется с поверхности Океана и суши, восполняя запасы атмосферной влаги. Из атмосферы в виде дождя и снега она возвращается в Океан и на сушу, при этом осадки, выпавшие на сушу, питают реки и подземные воды. А речной сток восполняет часть воды морей и океанов, израсходованную на испарение. Осадки обогащают и почву влагой, столь необходимой для плодородия. Более одной трети воды с суши испаряется растениями. Этот важный процесс называется *транспирацией*.

Какие же силы приводят в движение огромную массу водной оболочки Земли, или, как ее еще называют, гидросферы? Особенно важны две силы.

Первая — энергия Солнца, под влиянием которой вода испаряется и конденсируется парообразная влага, возникают воздушные и морские течения.

Вторая — сила тяжести, под действием которой падают капли дождя, течет по уклону вода в реках, погружаются подземные воды и движутся полярные и горные ледники.

Круговорот воды не только приводит в движение водную оболочку Земли, но связывает воедино все части гидросферы, обеспечивая их возобновление. Это одна из важнейших особенностей водных ресурсов. Минеральные ресурсы, например залежи горючих ископаемых — угля и нефти, изолированы друг от друга, и по мере разработки их месторождения не возобновляются. А водные ресурсы непрерывно возобновляются в процессе круговорота воды и при правильном использовании могут никогда не иссякнуть: они должны вечно служить человеку.

Круговорот объединяет не только различные воды Земли. Он связывает водную оболочку, или гидросферу, с другими сферами нашей планеты: атмосферой, литосферой и биосферой.

К процессу круговорота воды люди настолько привыкли, что даже не всегда задумываются над его ролью в природе и в хозяйстве. Для того чтобы яснее оценить значение круговорота воды, представим себе, что он вдруг перестал действовать. При таком допущении невольно рисуется весьма мрачная картина. Вовсе прекратились дожди, пересохли реки, иссякли подземные воды. Почва перестала увлажняться, исчезла растительность, воздух стал беднее кислородом. Одним словом, изменился бы весь ход природных процессов на земном шаре.

Уже за много столетий до нашей эры люди интересовались происхождением рек и подземных вод.

Таблица 1

Объем гидросферы и активность ее водообмена

Части гидросферы	Объем (тыс. км³)	Смена запасов (число лет*)
Океан	1 370 000	3000
Подземные воды — все, в т. ч. зоны более активного водообмена	60 000 4 000	(5000) (330)
Ледники	24 000	8000
Почвенная влага	82	1
Бессточные и проточные озера	230	10
Реки	1,2	0,032
Пары атмосферы	14	0,027
Вся гидросфера	1 454 327	2800

* С округлением; в скобках данные приблизительные.

Древние греки считали, что реки питаются не атмосферными осадками и не подземными водами, а водой Океана. Они полагали, что вода Океана через глубокие отверстия — «тартары» — проникает в недра Земли и, выйдя снова на поверхность, дает начало рекам. И хотя взгляды Аристотеля (IV в. до н. э.) и Витрувия (I в. до н. э.) уже приближались к современным представлениям о круговороте воды, вплоть до XV в. преобладала теория океанического происхождения рек и подземных вод, исключавшая из круговорота процесс испарения и переноса влаги воздушными течениями.

Современные представления о круговороте воды стали прочно складываться лишь в эпоху Возрождения. Первое наиболее близкое к современным описание круговорота воды мы находим в трудах Леонардо да Винчи (1452—1519).

Водный баланс Земли

Чтобы представить, сколько воды участвует в круговороте, охарактеризуем различные части гидросферы. Более 94% ее составляет Мировой океан (табл. 1). Другая часть гидросферы — подземные воды (4%). При этом следует учесть, что большая их часть относится к глубинным рассолам, а пресные воды составляют приблизительно лишь $^1/_{15}$ долю, или 4—5 тыс. км³. Значителен также объем льда полярных ледников: с пересчетом на воду он достигает 24 млн. км³, или 1,6% объема гидросферы. Озерной воды в 100 раз меньше — 230 тыс. км³, а в руслах рек содержится всего лишь 1200 км³ воды, или 0,0001% всей гидросферы. Однако, несмотря на малый объем воды, реки играют очень большую роль: они, как и подземные воды, удовлетворяют значительную часть потребностей населения, промышленности и орошаемого земледелия.

Таблица 2

Водный баланс Земли

Элементы водного баланса	Объем (км³)	Слой (мм)
Периферийная часть суши (бассейн Океана)		
Осадки	102 100	865
Речной сток	37 400	320
Испарение	64 700	545
Замкнутая (не имеющая стока в Океан) часть суши		
Осадки	7 400	231
Испарение	7 400 *	231
Мировой океан		
Осадки	410 500	1135
Приток речных вод	37 400	103
Испарение	447 900	1238
Земной шар		
Осадки	520 000	1020
Испарение	520 000	1020

* В том числе испаряется 655 км³, или 24 мм речного стока.

Воды на Земле довольно много. Гидросфера составляет около $^1/_{4180}$ части всей массы нашей планеты. Однако на долю пресных вод, исключая воду, скованную в полярных ледниках, приходится немногим более 2 млн. км³, или только 0,15% всего объема гидросферы.

Конечно, объем различных частей гидросферы, их стационарные запасы воды имеют существенное значение в жизни людей и в экономике, но первое место принадлежит воде, непрерывно возобновляемой в процессе круговорота. Чтобы оценить ее размеры, необходимо рассчитать водный баланс Земли.

Баланс — это количественная характеристика круговорота воды. Метод расчета водного баланса применяется для изучения приходных и расходных элементов крупных частей земного шара — суши, Океана и Земли в целом, отдельных материков, больших и малых речных бассейнов и озер, наконец, больших участков полей и леса. Этот метод позволяет гидрологам решать многие теоретические и практические задачи. В основе изучения водного баланса лежит сравнение приходных и расходных его частей. Например, для суши приходной частью баланса служат атмосферные осадки, а расходной — испарение. Пополнение Океана водой происходит за счет стока речных вод с суши, а расход — за счет испарения.

Водный баланс Земли впервые был достоверно (с учетом имевшихся данных) вычислен нашим соотечественником Э. Я. Брикнером в 1905 г. В даль-

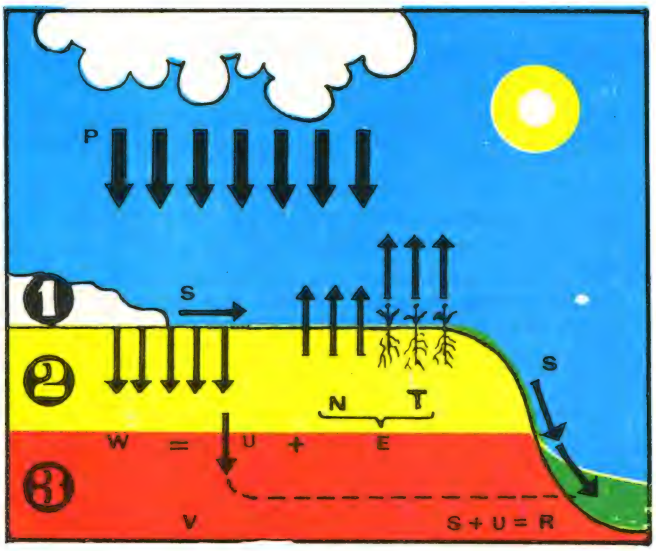
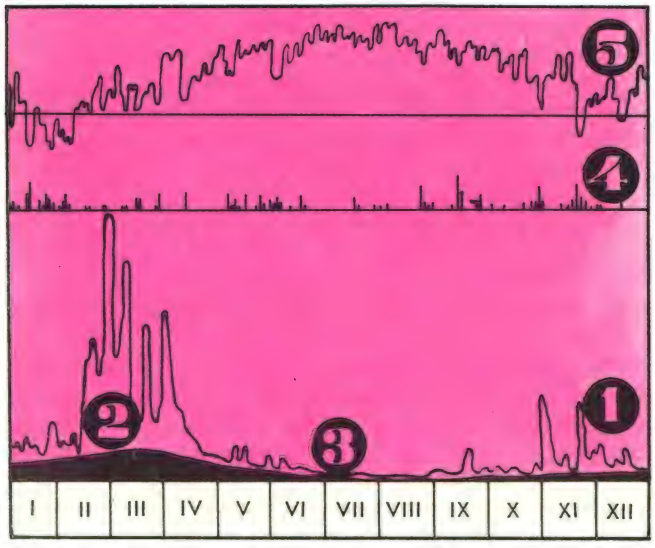


Схема водного баланса речного бассейна: 1 — снежный покров; 2 — почва; 3 — горные породы; P — осадки; S — поверхностный (паводочный) сток; U — подземный (устойчивый) сток; W — валовое увлажнение территории (почвы); N — испарение с почвы;



Совмещенный график, показывающий изменение расходов воды, хода температуры воздуха, суточных величин атмосферных осадков в течение года: 1 — расход воды в м³/с; 2 — поверхностный сток; 3 — подземный сток; 4 — атмосферные осадки; 5 — температура воздуха.

нейшем предпринималось еще несколько расчетов, и последний сделанный вариант расчета водного баланса приведен в таблице 2 на стр. 181.

Эти данные с каждым десятилетием становятся более точными и достоверными. Тем не менее для повышения надежности расчета нужно дополнительно изучать многие элементы водного баланса. Очень слабо изучен сток подземных вод непосредственно в Океан, минуя реки. Плохо также изучены атмосферные осадки в Океане: о них судят по наблюдениям на островах или прибрежных метеостанциях.

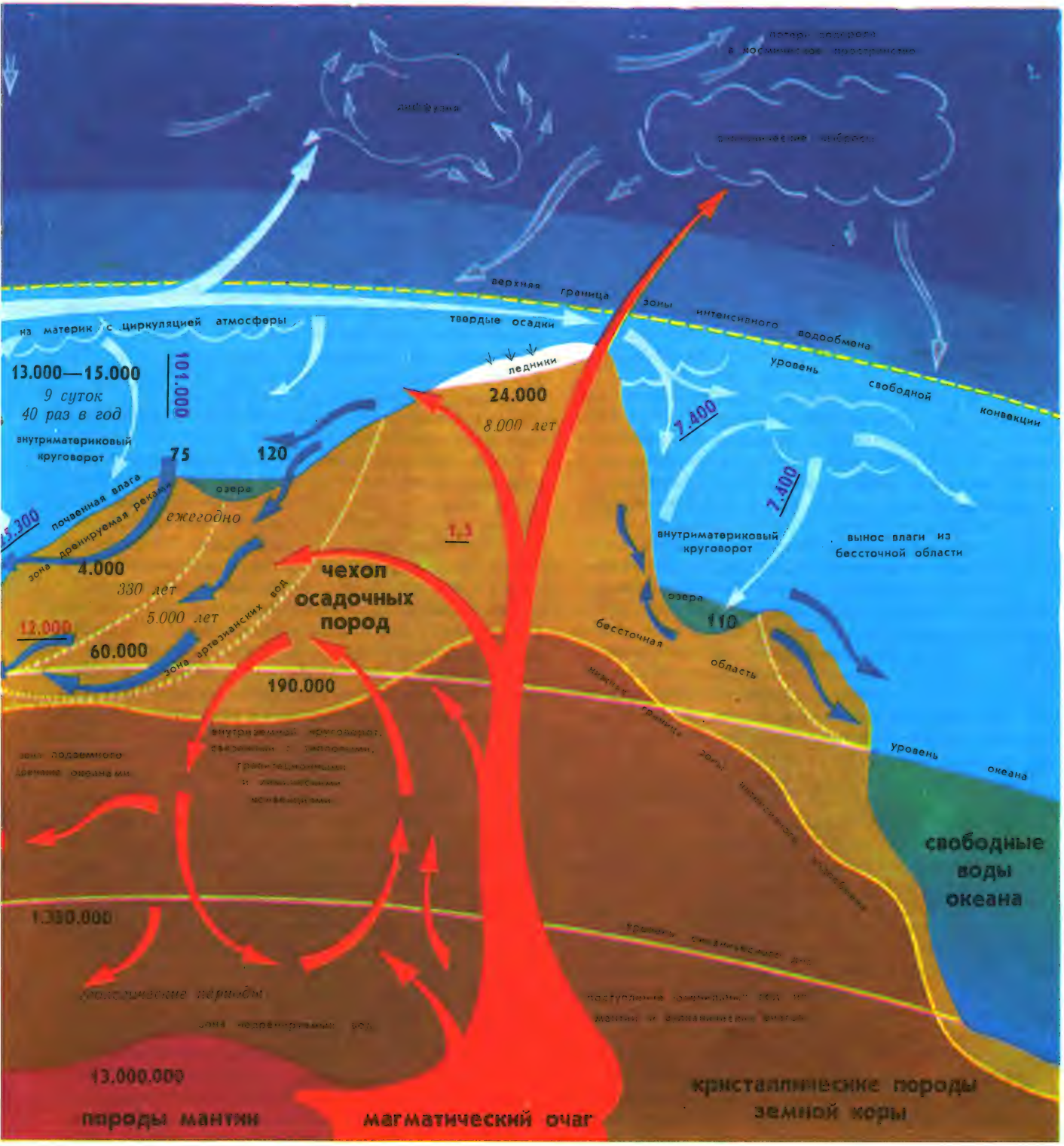
T — транспирация;
E — суммарное испарение;
V — водообмен с подземными водами, лежащими ниже уровня дренажа реками.

СХЕМА ЕДИНСТВА ВОД ЗЕМЛИ (ПО Л. С. АБРАМОВУ).

100 — одновременные запасы вод в тыс. км³.

100 — суммарные объемы воды за год в км³.

100 лет — время полного возобновления запасов.



Активность водообмена и балансовая оценка водных ресурсов

Сопоставляя данные об объеме различных частей гидросферы и об элементах водного баланса, можно определить активность водообмена, или примерное время, в течение которого в ходе круговорота воды происходит полная смена объема той или иной части гидросферы (см. табл. 1 и 2).

Так, с поверхности Океана ежегодно испаряется около 450 тыс. км^3. Чтобы определить, сколько лет потребовалось бы для испарения всего объема Океана, следует 1 370 000 000 км^3 поделить на 450 000 км^3, при этом мы получим примерно 3000 лет.

Еще медленнее происходит возобновление всех подземных вод — приблизительно в течение 5000 лет. Если выделить лишь подземные воды, расположенные в верхней части земной коры (толщиной около 800 м) и поэтому интенсивнее участвующие в круговороте воды, то на их смену все же потребовалось бы около 330 лет.

Но медленнее всего сменяются полярные льды. По существу в этой части гидросферы вода находится в законсервированном виде. Из ледников Антарктиды и Гренландии ежегодно выносится в Океан приблизительно 2800 км^3 льда. При общем объеме полярных ледников в 24 млн. км^3 на полную смену всего объема льда за счет атмосферных осадков, выпадающих на поверхность ледников, требуется 8000 лет. Наиболее активны пары атмосферы: они сменяются каждые 10 суток. Вода в реках сменяется каждые 12 суток, т. е. 30 раз в год.

Реки участвуют в круговороте воды, возвращая Океану то количество воды, которое суша получает за счет влаги, испарившейся с его поверхности. В то же время речному звену круговорота принадлежит особенно большая хозяйственная роль: реки наряду с подземными водами относятся к числу наиболее интенсивно используемых человеком источников пресной воды.

Режим и сток рек земного шара изучается приблизительно на 17 000 гидрологических станциях, более 5000 которых находится в СССР. И все же почти половина площади материков земного шара в гидрологическом отношении не изучена или изучена очень слабо. Еще отсутствуют достоверные сведения о стоке воды величайшей реки мира — Амазонки, на долю которой, по приблизительным расчетам, приходится более $^1/_{10}$ части стока всех рек мира. Хорошо изучен сток рек СССР и всей Европы, Северной Америки, северных районов Африки, Австралии.

На основании данных гидрологических станций составлена карта стока рек земного шара. Для характеристики стока применяются две единицы измерения. Первая из них — модуль стока — соответствует количеству воды, стекающей в единицу времени с единицы площади водного бассейна. Модуль стока вычисляется делением среднего годового расхода воды в реке на площадь ее водосборного бассейна и выражается в литрах в секунду с 1 км^2. Вторая величина — слой стока, который образовался бы за год, если бы всю вытекшую воду равномерно распределить по поверхности бассейна реки. Величина слоя вычисляется делением объема годового стока реки на площадь ее водосборного бассейна (в километрах). Карта стока рек земного шара в миллиметрах слоя впервые создана в 1940 г. (впоследствии она уточнялась). В схематизированном виде она дана на стр. 186.

Как показывает карта, наиболее многоводны реки экваториальной зоны, богатой тропическими ливнями, а также реки горных склонов Скандинавии, Южной Аляски и Патагонии, где много осадков приносят воздушные течения с океана. Велик также сток горных рек южного склона Гималаев, Средней Азии, Альп, Скалистых гор и Анд; здесь реки питаются талыми водами ледников и многолетнего высокогорного снега. Очень мал речной сток в пустынях, занимающих более 20% всей суши.

Однако мест, совершенно лишенных стока, почти нет. В величайшей пустыне Сахаре есть временно текущие реки — *вади*. Во время эпизодических ливней, выпадающих здесь один раз в течение нескольких лет, на таких реках бывают бурные паводки. На глинистых участках (такырах) Каракумов почти ежегодно образуются небольшие потоки.

Больше всего воды течет в реках Азии (данные о стоке рек земного шара смотри в справочном отделе). Но по относительной водоносности, характеризуемой миллиметрами слоя, наиболее богаты реки Южной Америки. Наименее водоносны реки Африки и Австралии: годовой сток в последней (без островов) составляет всего лишь 46 мм, т. е. в 10 раз меньше, чем в Южной Америке.

Таким образом, природные воды объединены непрерывным круговоротом. Но люди не всегда считаются с этим важным обстоятельством, которое должно лежать в основе практического использования вод. Нередко еще изучение и учет отдельных источников водных ресурсов производятся обособленно, разными ведомствами и отраслями хозяйства, без учета интересов других потребителей воды.

Таблица 3

Балансовая оценка водных ресурсов

Элементы баланса	Вся суша		СССР		Европа		Африка	
	км³	мм	км³	мм	км³	мм	км³	мм
Осадки	108 400	730	10 960	500	7025	714	20 800	683
Полный речной сток	38 150	260	4350	198	2950	300	4220	139
Подземный (устойчивый) сток	12 000[1]	81	1020[2]	46	1000[3]	102	1460[4]	48
Поверхностный (паводочный) сток	26 150	179	3330	152	1950	198	2760	91
Валовое увлажнение территории (ресурсы почвенной влаги)	82 250	551	7630	348	5075	516	18 040	592
Испарение	70 250	470	6610	302	4075	414	16 580	544

Примечание.

Вместе со стоком, регулируемым озерами и водохранилищами: [1] 15 000 км³; [2] 1300 км³; [3] 1500 км³; [4] 1760 км³.

Для полного учета динамики водных ресурсов, возобновляемых в процессе круговорота, был предложен балансовый метод их оценки. Этот метод позволяет приближенно отразить процессы, наблюдаемые в природе. Суть метода передает система следующих уравнений водного баланса:

$$R = S + U;\ P = S + U + E;\ W = P - S = U + E.$$

Первое уравнение говорит о том, что речной сток *(R)* состоит из двух частей: поверхностной *(S)* и подземной *(U)*. Оценить каждую из этих частей речного стока нам помогает специальный метод.

Как видно из второго уравнения, осадки, выпадающие на поверхность речного бассейна, *(P)* расходуются на поверхностную *(S)* и подземную *(U)* части речного стока и на испарение *(E)*.

Согласно третьему уравнению, валовое увлажнение территории или почвы *(W)* определяется по разности осадков *(P)* и поверхностного стока *(S)*; кроме того, вода, увлажняющая почву, *(W)* расходуется на питание подземных запасов *(U)* и на испарение *(E)*.

Располагая данными о ежедневных расходах воды в реках, а также об осадках, с помощью указанной системы уравнений можно определить различные источники водных ресурсов: не только поверхностный сток, но и подземный, а также ресурсы почвенной влаги.

В таблице 3 приведена балансовая оценка водных ресурсов земного шара, СССР, а также двух частей света: Европы, наиболее изученной, и Африки, еще слабоизученной в гидрологическом отношении — о $^2/_3$ территории Африки мало или вовсе нет гидрологических данных.

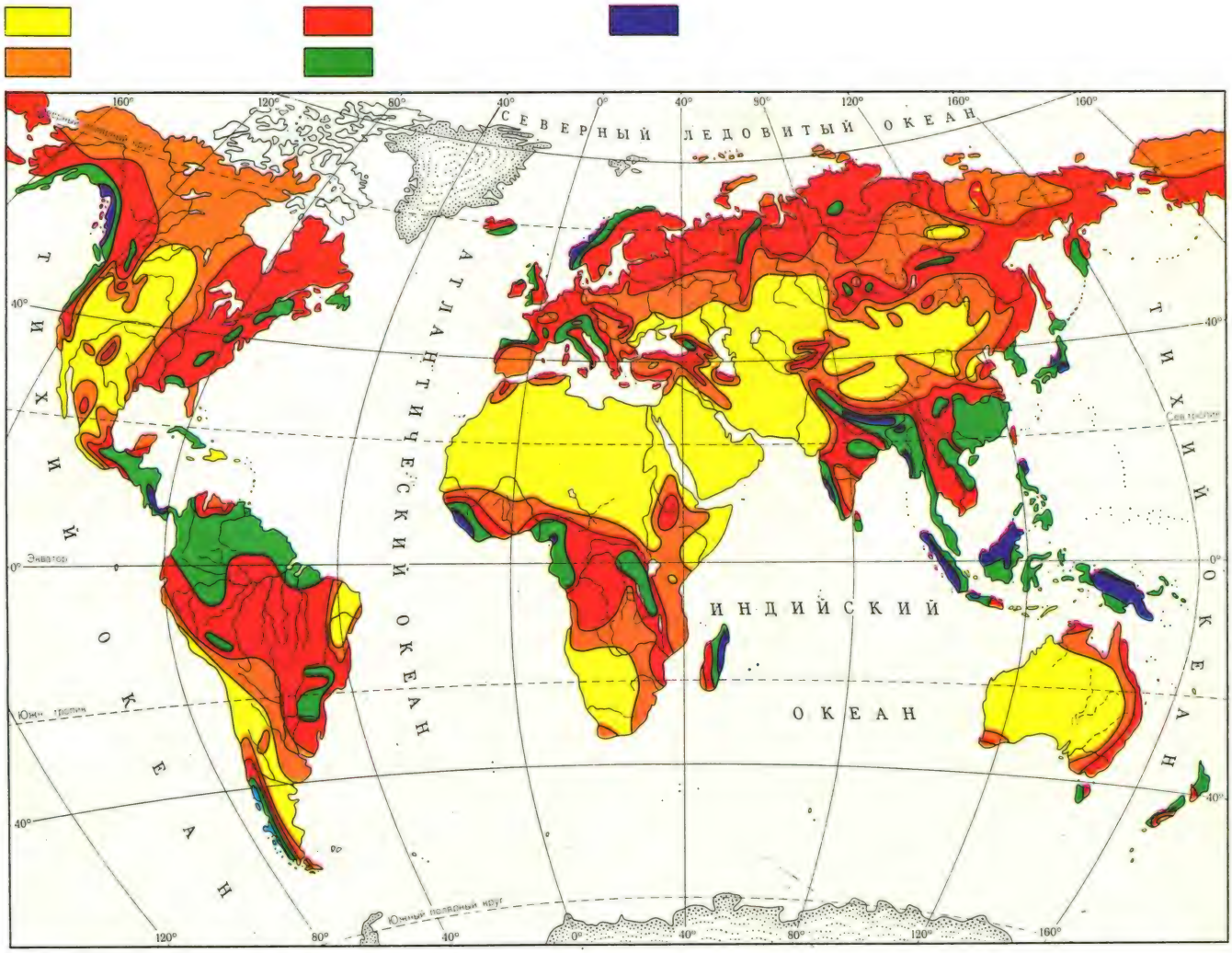
Из составляющих стока наиболее ценен сток подземного происхождения: во-первых, он поддерживает водность рек, удовлетворяет потребности людей в воде даже в засушливые сезоны; во-вторых, подземные воды наименее загрязнены и поэтому наиболее пригодны для водоснабжения. Чтобы получить полное представление об устойчивом стоке, нужно к подземному стоку прибавить сток рек, регулируемых озерами. Так, сток Невы регулируется системой величайших озер Европы — Ладожским, Онежским, Ильменем, Сайменским, сток Ангары — озером Байкал и т. д.

Паводочный поверхностный сток в естественном состоянии далеко не всегда приносит пользу. Чаще всего обильный поверхностный сток вызывает интенсивную эрозию, а паводки создают разливы и наводнения. Вот почему люди стремятся перевести паводочный сток с помощью водохранилищ в ценный источник водных ресурсов — устойчивый сток.

Водный баланс поля и леса

Круговорот воды на Земле складывается из большого числа круговоротов, действующих в пределах материка, большого речного бассейна, вплоть до местного круговорота отдельных участков поля и леса. Изучение водного баланса таких небольших участков позволяет понять, как формируется водный баланс и речной сток больших территорий. Кроме того, это позволяет определить статьи расхода воды на данной территории и оценить, какая ее часть расходуется продуктивно и непродуктивно, изучить фильтрацию влаги в почву и ее водорегулирующую способность, наконец, установить приемы искусствен-

Карта стока рек земного шара.



ного управления этими процессами. В СССР и за рубежом эти процессы изучают на специальных стационарах — станциях, где ведется наблюдение за небольшими бассейнами ручьев и логов. Кроме того, есть специально оборудованные площадки для изучения водного баланса и гидрологических процессов в самой начальной стадии их зарождения. Один из таких гидрологических стационаров создан Институтом географии АН СССР в лесостепной зоне недалеко от Курска; там изучаются осадки, снежный покров и его таяние, сток, просачивание воды в почву, почвенная влага, испарение. Все объекты расположены в пределах одного района, что обеспечивает однородность климатических условий рельефа и почвы.

Наблюдения показали, что благодаря весьма высокой инфильтрационной способности лесной почвы сток в дубраве отсутствует. Он также мал в целинной степи. Выпас скота увеличивает сток почти в 4 раза: скот вытаптывает почву и снижает ее инфильтрационную способность. На пашне условия водного баланса зависят от обработки почвы: зяблевая (осенняя) пахота, охватывающая теперь 60—80% площади пахотных угодий, дает наименьший сток: почва хорошо запасается влагой, что способствует повышению урожаев. На стерне с уплотненной почвой весной сток повышается в 2,5 раза, а увлажнение почвы уменьшается в 1,5 раза. Следовательно, зяблевая пахота способствует накоплению почвенной влаги, в то время как при озими увеличивается поверхностный сток и почва теряет много влаги.

В лесу водопроницаемость почвы настолько велика, что поверхностного стока не образуется или он очень мал. Вся или основная часть осадков насыщает почву и расходуется на питание подземных вод и на транспирацию. Вот почему вода здесь расходуется наиболее продуктивно и лес играет весьма важную водорегулирующую роль.

Воздушная оболочка

Воздушный океан

Воздушную оболочку Земли называют *атмосферой* (от греческих слов «атмос» — пар и «сфера» — шар). Атмосфера защищает растительный и животный мир от пагубного воздействия ультрафиолетовых солнечных и космических лучей. Космические частицы, проходя через атмосферу, рассеиваются, и поверхности Земли достигает лишь их ничтожная часть. Без атмосферы наша планета была бы такой же безжизненной, как Луна. Солнечные лучи раскаляли бы освещенную сторону Земли, а на неосвещенной был бы ледяной холод. Атмосфера окутывает Землю, словно одеялом, и сохраняет тепло, получаемое ею от Солнца.

Живя на «дне» воздушного океана, человек всегда испытывает на себе его действие и ему не безразлично, какая сегодня погода и какой она будет через несколько часов или завтра, на следующей неделе, через месяц и т. д. Наука, которая изучает явления и процессы в атмосфере, причины их зарождения и развитие, называется *физикой атмосферы* или *метеорологией*. Она решает важные для человечества задачи, и главные из них — прогноз погоды и искусственное воздействие на атмосферные процессы с целью улучшения погоды и климата.

Решать данные задачи очень трудно, так как процессы, вызывающие изменения погоды, протекают в воздухе — среде очень неустойчивой и непостоянной. Процессы эти зависят от многих очень изменчивых факторов: распределения солнечной радиации на земном шаре, нагревания и охлаждения земной поверхности и воздуха, от взаимодействия температуры, влажности и давления, от ветров и вертикальных движений воздуха и т. д. Некоторые из этих факторов мы еще не умеем измерять приборами. Например, нельзя измерить вертикальные движения воздуха, а с ними тесно связаны образование облаков и атмосферные осадки. Чтобы восполнить этот недостаток, в последние годы были разработаны методы теоретического расчета величин восходящих и нисходящих движений воздуха. Крайне трудно наблюдать за погодой на океанских просторах, занимающих более 70% поверхности земного шара: там ведь нет метеорологических станций.

Теперь этот пробел в известной мере восполняют метеорологические спутники Земли.

Наиболее заметные успехи метеорология сделала в 40—60-х годах нашего столетия благодаря новой технике — *радиозондам, метеорологическим ракетам, радиометеорологическим приборам*, установленным на искусственных спутниках Земли. До этого за развитием атмосферных процессов наблю-

дали на наземных метеорологических станциях и, естественно, судить о бурно развивающихся процессах в *свободной атмосфере*, т. е. на больших высотах, было трудно. Но вот высоко над Землей поднялись радиозонды, метеорологические ракеты, спутники — и началось изучение режима температуры, давления, ветра, влажности и т. д. не только приземного слоя воздуха.

Познания в метеорологии расширились, и с помощью новых фактов удалось установить многие закономерности изменений в атмосфере. Новую информацию об элементах погоды на высотах обрабатывают и систематизируют быстродействующие электронные вычислительные машины. С их помощью вычисляют атмосферное давление, температуру, ветры на следующие сутки, на 2—3 и больше дней вперед, т. е. предвычисляют элементы будущей погоды.

Состав атмосферы

Атмосфера Земли представляет собой механическую смесь газов. Сухой воздух вблизи поверхности Земли, если удалить из него влагу и частицы пыли, в своем объеме содержит 78,09% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа, и всего лишь 0,01% приходится на долю всех остальных газов: водорода, гелия, криптона, ксенона, радона, закиси азота, йода, водяного пара, озона, метана и др.

Пробы воздуха, взятые автоматическими приборами на различных высотах, показали, что до высоты 100 км состав атмосферы существенно не меняется. Непрерывное турбулентное или хаотическое движение воздуха и большие скорости ветра препятствуют разделению газов в соответствии с их удельным весом. Выше 90—100 км состав атмосферы также почти постоянен: она состоит главным образом из азота и кислорода. Но под действием ультрафиолетовой солнечной радиации молекулы кислорода здесь расщепляются на атомы, и начиная со 110—120 км кислород почти весь атомарный. Предполагается, что выше 400—500 км и азот находится в атомарном состоянии.

От других газов отличается водяной пар, который попадает в атмосферу в результате испарений с Земли. Большая его часть (90%) сосредоточена в самом нижнем пятикилометровом слое атмосферы, с высотой его количество очень быстро уменьшается. Дело в том, что количество водяного пара зависит от температуры воздуха: чем она ниже, тем пара меньше, а с высотой температура воздуха понижается.

Когда количество водяного пара при данной температуре достигает максимума, он насыщает пространство. Например, при +30° в кубометре воздуха может находиться максимум 30 г водяного пара, а при —30° всего лишь 0,3 г. Не насыщенный водяным паром воздух может стать насыщенным, если его охладить. Если количество пара достигает максимума при данной температуре, то при дальнейшем охлаждении воздуха пар превращается в мельчайшие капельки воды, т. е. *конденсируется*. Так образуются облака: при восходящем движении воздух расширяется и охлаждается, а содержащийся в нем водяной пар конденсируется.

Атмосфера содержит также много пыли, которая попадает туда с поверхности Земли и частично из космоса. При сильных волнениях ветры подхватывают водяные брызги из морей и океанов. Так попадают в атмосферу из воды частицы соли. В результате извержения вулканов, лесных пожаров, работы промышленных объектов и т. д. воздух загрязняется продуктами неполного сгорания. Больше всего пыли и других примесей в приземном слое воздуха. Даже после дождя в 1 $см^3$ содержится около 30 тыс. пылинок, а в сухую погоду их в несколько раз больше.

Все эти мельчайшие примеси влияют на цвет неба. Молекулы газов рассеивают коротковолновую часть спектра солнечного луча, т. е. фиолетовые и синие лучи. Поэтому днем небо голубого цвета. А частицы примесей, которые значительно крупнее молекул газов, рассеивают световые лучи почти всех длин волн. Поэтому, когда воздух запылен или в нем содержатся капельки воды, небо становится белесоватым. На больших высотах небо темно-фиолетовое и даже черное.

Давление и вес воздуха

До середины XVII столетия воздух считался невидимым и невесомым. В 1642 г. итальянский ученый Торричелли впервые доказал, что столб воды высотой приблизительно 10,3 м уравновешивает давление атмосферы вблизи поверхности Земли. Так как ртуть в 13,6 раза тяжелее воды, то атмосферное давление уравновешивается столбиком ртути высо-

той 76 см. Трубка, наполненная ртутью до отметки 76 см и опрокинутая открытым концом в сосуд со ртутью, была названа барометром (по-гречески «барос» — тяжесть). Но если атмосфера имеет вес и оказывает давление, то величина его должна быть неодинаковой на разных высотах. В 1646 г. Перье во Франции с помощью ртутного барометра установил, что на вершине горы давление меньше, чем у ее подножия, т. е. что давление атмосферы с высотой уменьшается.

Хотя атмосфера простирается вверх на многие сотни километров, основная масса воздуха сосредоточена в довольно тонком слое. Между уровнем моря и высотой 5—6 км находится половина массы атмосферы, в слое до 16 км — 90%, а в слое до 30 км — 99%. Иначе говоря, плотность воздуха с высотой быстро уменьшается. Поэтому 1 м^3 воздуха на уровне моря весит 1033 г, на высоте 12 км — 319 г, а на высоте 40 км — всего 4 г.

У поверхности Земли на 1 см^2 площади атмосфера давит с силой, равной 1033 г, а на 1 м^2 — уже 10 333 кг. Таким образом, тело взрослого человека испытывает тяжесть, равную 12—15 тыс. кг, или 12—15 т, а ладонь его руки — 150 кг. Однако этой тяжести человек не ощущает, так как внешнее давление уравновешивается давлением воздуха внутри тела. Жизнь на Земле приспособлена именно к этому давлению, поэтому при подъеме на большие высоты самочувствие человека ухудшается не только из-за недостатка кислорода, но и низкого давления.

Опыты в барокамере показывают, что чем сложнее организм, тем труднее переносит он низкое давление воздуха. При быстром подъеме на высоту до 7—8 км человек теряет сознание. На высотах 15—16 км, даже если дышать кислородом, наступает плохое самочувствие.

Известно, что чем ниже атмосферное давление, тем любая жидкость быстрее закипает. На высоте около 20 км она закипает при +37°. На этой высоте закипит и кровь. Поэтому космонавтов в полетах помещают в герметически закрытые кабины и скафандры, создают им особые физиолого-гигиенические условия.

Расстояние, на которое нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 миллибар (миллибар (мб) — единица измерения давления), называется *барометрической ступенью*. В приземном слое она равна 8 м. Это значит, что на каждые 8 м поднятия давление понижается на 1 мб. В слое 4—6 км барометрическая ступень равна 13 м, а в слое 12—16 км она равна 40 м. Величина барометрической ступени зависит еще и от температуры воздуха.

Строение атмосферы

Верхняя граница атмосферы лежит на высоте более 2000 км. Граница эта выражена нечетко, так как с высотой газы разрежаются и постепенно переходят в мировое пространство. По вертикали атмосфера неоднородна.

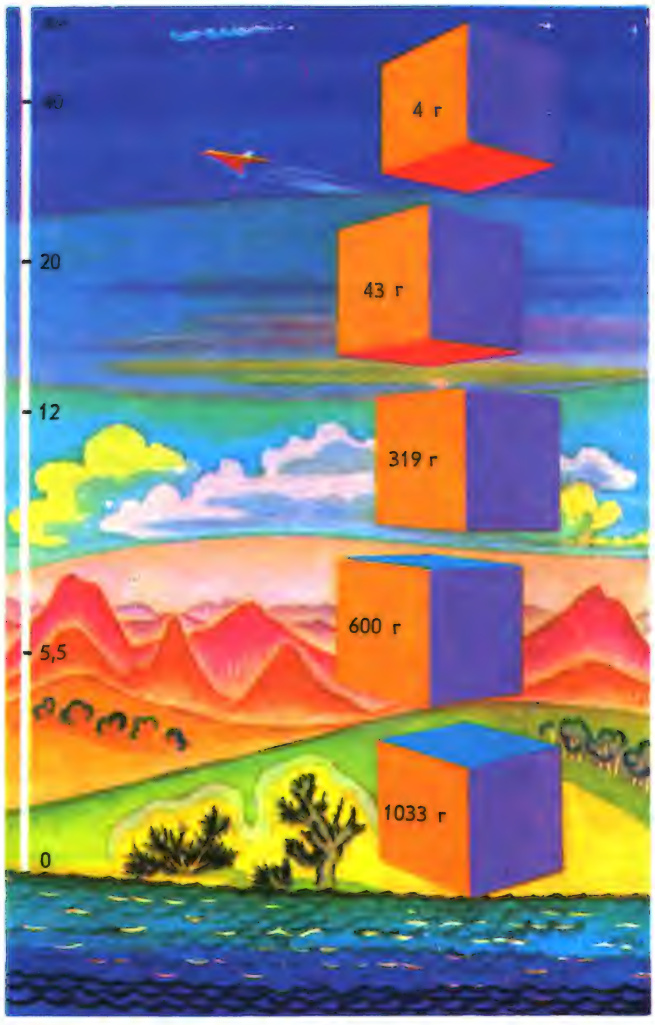
С высотой изменяется не только давление, плотность и температура воздуха, но и электрическое состояние атмосферы, а на больших высотах — и ее состав.

По характеру изменения температуры с высотой атмосферу делят на несколько сфер с различными физическими свойствами, а также выделяют несколько переходных слоев между сферами.

Тропосфера в умеренных и высоких широтах простирается от поверхности Земли до высоты 8—12 км, а в тропической и экваториальной зонах — до 16—17 км. Высота верхней границы тропосферы во внетропических широтах изменяется по сезонам: летом она несколько выше, чем зимой. Высота ее колеблется также и ежедневно (от 7—8 до 12—14 км) в зависимости от характера атмосферных процессов, и главным образом от изменения температуры.

Характерная особенность тропосферы — *понижение температуры с высотой* в среднем на 6° на каждый километр поднятия. Объясняется это тем, что для солнечных лучей тропосферный воздух почти прозрачен и нагревается и охлаждается он главным образом от поверхности Земли. Там, где приток солнечной радиации больше, температура воздуха выше. Поэтому в экваториальной и тропической зонах приземная температура в течение года колеблется около 26—28°, а в Центральной Арктике она равна —34—36° зимой и около 0° летом. В Антарктиде еще холоднее: в центре ее ледяного плато средняя температура воздуха зимой достигает —40° и ниже, а летом не выше —15—20°.

В соответствии с таким распределением тепла на земном шаре горизонтальный градиент температуры в тропосфере в течение всего года направлен из низких широт к высоким; преобладает западный горизонтальный перенос воздуха. Иначе говоря, между тропиками и высокими широтами Земли преобладают западные ветры. Чем выше над Землей, тем ярче они выражены. Наибольшей скорости, как правило, они достигают на высоте 9—12 км. Здесь западные ветры при определенных условиях могут стать сверхураганными — скорость их более 300 км/ч. Горизонтальный перенос воздуха сопро-



Основная масса атмосферы сосредоточена в довольно тонком слое. Иначе говоря, плотность воздуха с высотой быстро уменьшается. Поэтому 1 м³ воздуха на уровне моря весит 1033 г, а на высоте 40 км — всего 4 г.

вождается вертикальными, а также турбулентными движениями воздуха, поэтому он непрерывно перемешивается. А так как поднимаются и опускаются большие объемы воздуха, то образуются и рассеиваются облака, выпадают и прекращаются атмосферные осадки.

В тропосфере находится почти весь водяной пар. Поэтому только в тропосфере возникают облака и выпадают дожди, снег, крупа и град, наблюдаются грозы, ливни, метели, гололед и т. д.

Слой воздуха, отделяющий тропосферу от стратосферы, называют *тропопаузой*. Это сравнительно тонкий слой атмосферы, измеряемый десятками и сотнями метров.

Выше тропопаузы обычно температура поднимается с высотой (повышение температуры с высотой называется *инверсией*), поэтому активное перемешивание воздуха между тропосферой и стратосферой затруднено.

Стратосфера лежит между высотами 8—17 и 50—55 км. На этих высотах в ближайшем будущем будут пролегать межконтинентальные авиатрассы. Чтобы обеспечить безопасность полетов сверхзвуковой авиации и космических кораблей, необходимы точные сведения о метеорологическом режиме стратосферы. Этому вопросу метеорологи все больше уделяют внимания.

Стратосфера очень бедна водяным паром, поэтому в ней нет бурных процессов образования облаков и осадков. Температура в стратосфере повышается с высотой, и в отличие от тропосферы воздух здесь нагревается непосредственно от солнечных лучей. На высоте около 30 км в стратосфере иногда образуются необычные облака — с ярким блеском и радужной окраской. Их называют *перламутровыми*. Предполагают, что они состоят из сконденсированного водяного пара, который скапливается под слоем инверсии при определенных атмосферных процессах.

Еще не так давно существовало предположение, что стратосфера — сравнительно спокойная среда, в которой газы разделены по слоям в соответствии с их удельными весами. Отсюда, собственно, и ее название: по-латыни «стратус» — слоистый. Новые данные, полученные с помощью радиозондов, достигающих высот 30—35 км, и специальных метеорологических ракет, запускаемых до высот 60—80 км, установили, что в стратосфере, как и в тропосфере, воздух неодинаково нагрет в зависимости от широты. Это порождает интенсивную циркуляцию, скорости воздушных течений измеряются сотнями километров в час и сопровождаются вертикальными и турбулентными движениями воздуха.

Во всем слое стратосферы содержится озон, образующийся под действием ультрафиолетовой солнечной радиации. Озона в атмосфере немного: если бы можно было собрать его в один слой, то толщина его не превысила бы 2—3 мм. Наиболее всего он сконцентрирован в слое от 20 до 30 км. Однако именно озон во многом формирует сезонный режим температуры и ветра в стратосфере. Поглощая ультрафиолетовую радиацию Солнца, он вызывает нагревание воздуха, поэтому выше тропопаузы температура с высотой повышается и на верхней границе стратосферы достигает 0° и даже 10° тепла.

В полярных районах Земли летом, в условиях полярного дня, воздух в стратосфере нагревается, а зимой, в условиях полярной ночи, вследствие излучения тепла, наоборот, охлаждается. В низких же широтах температура воздуха почти не меняется, поэтому летом над Арктикой и Антарктикой давление воздуха выше, чем над умеренными и низкими широтами. При этом градиент давления направлен из высоких широт в сторону экваториальной зоны, и поэтому в стратосфере выше 18—20 км возникают восточные ветры, достигающие наиболь-

АТМОСФЕРА.

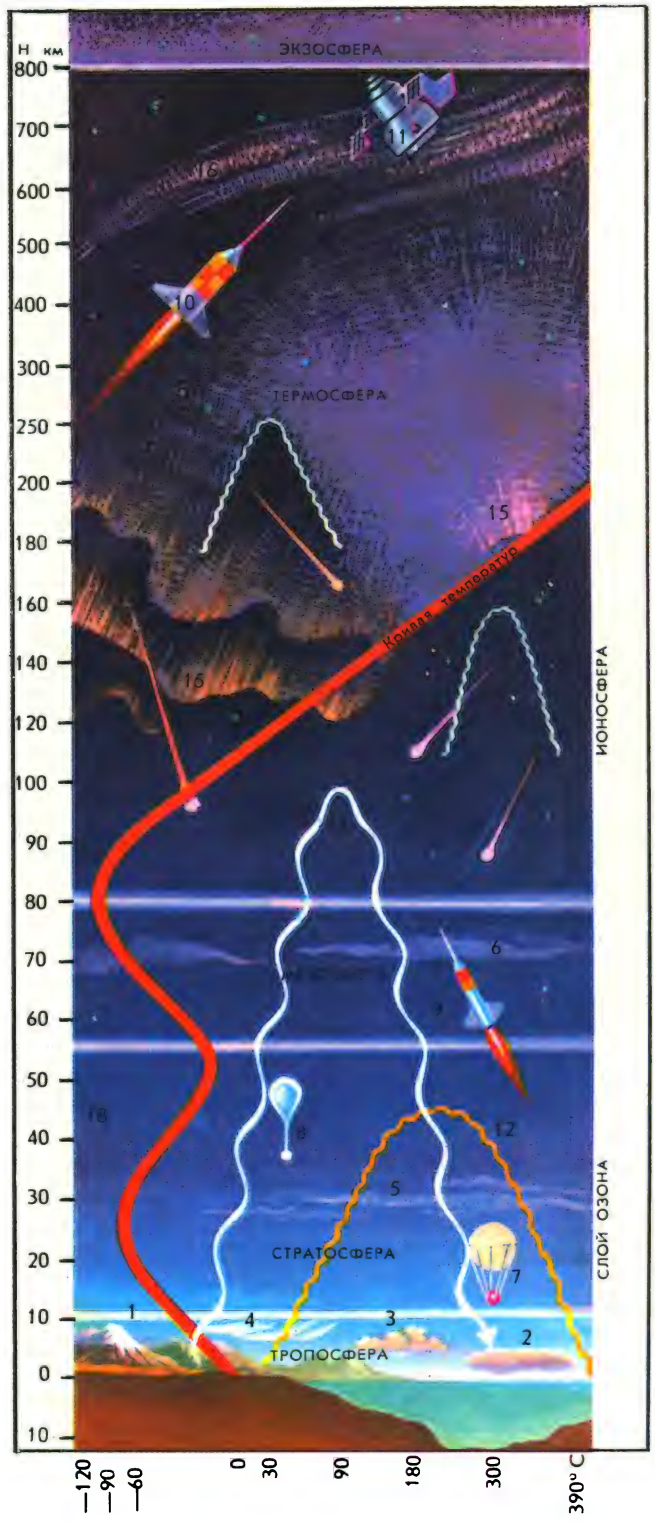
1 — максимальная высота гор.
2 — облака слоистые.
3 — облака кучевые.
4 — облака перистые.
5 — облака перламутровые.
6 — облака серебристые.
7 — стратостат «Осоавиахим».
8 — радиозонд.
9 — метеоракета.
10 — геофизическая ракета.
11 — метеоспутник.
12 — звуковые волны.
13 — средние радиоволны.
14 — короткие радиоволны.
15 — полярные сияния.
16 — полярные сияния в верхней ионосфере.
17 — метеоры.
18 — слой озона.

ших скоростей на высоте 55—60 км (около 250 км/ч). Зимой, наоборот, градиент давления направлен из низких широт к высоким и во всей стратосфере преобладают западные ветры, скорость которых на высоте 55—60 км достигает 400 км/ч.

Выше стратосферы лежит *мезосфера*. Переходный слой между ними называют *стратопаузой*. В мезосфере с высотой температура падает и у верхней границы (80 км) достигает —70, —80°. Понижение температуры прекращается у верхней границы мезосферы (80 км), а выше снова начинается ее повышение. Здесь, под инверсионным слоем, иногда (чаще летом) возникают блестящие тонкие облака, освещенные Солнцем, находящимся за горизонтом. Эти облака названы *серебристыми*. Природа их еще недостаточно изучена. Предполагается, что они состоят из частиц пыли.

Термосфера расположена между высотами 80 и 800 км. На высоте около 100 км температура переходит через 0°, в слое 150—200 км она доходит до 500°, а на высоте 500—600 км превышает 1500°. По данным искусственных спутников Земли, в верхней термосфере температура достигает почти 2000° и в течение суток значительно колеблется. Такая высокая температура объясняется большими скоростями движения молекул и атомов. В нижней, наиболее плотной среде атмосферы эти молекулы и атомы при движении непрерывно сталкиваются и мгновенно передают друг другу кинетическую энергию, поэтому в плотной среде кинетическая энергия в среднем одна и та же. В термосфере, где плотность среды очень мала, частицы сталкиваются реже.

О термосфере мы знаем еще очень мало. Известно лишь, что здесь происходят значительные суточные колебания температуры и что в верхних ее слоях они достигают 100°. На температуру в термосфере сильно влияет радиация Солнца. Наиболее интересная особенность термосферы — ионизация, за что ее иначе называют *ионосферой*. Газы находятся в ней большей частью в атомарном состоянии. Под действием ультрафиолетового и корпускулярного излучений Солнца, обладающих большой энергией, от нейтральных атомов и молекул воздуха отщепляются электроны. Атомы и молекулы, потерявшие один или несколько электронов, приобретают положительный заряд, а свободный электрон может снова присоединиться к нейтральному атому или молекуле и наделить их своим отрицательным зарядом. Такие положительно и отрицательно заряженные атомы и молекулы называются *ионами*, а газы-*ионизированными*, т. е. получившими электрический заряд.



При большой концентрации ионов газы становятся электропроводными. Заряженные частицы солнечного излучения — корпускулы — под влиянием магнитного поля Земли отклоняются в сторону высоких широт. Войдя в атмосферу, корпускулы усиливают ионизацию газов настолько, что начинается свечение газов. Так возникают *полярные сияния* — в виде красивых многокрасочных полос, дуг, занавесей, загорающихся в ночном небе, преимущественно в высоких широтах Земли. Если полярные сияния сопровождаются сильными магнитными бурями, их можно увидеть в умеренной зоне и даже в субтропиках и тропиках. Обычно полярные сияния бывают на высоте около 100 км, но нередко достигают нескольких сотен километров.

Ионосфера влияет на распространение радиоволн. Ионизированные слои отражают средние и короткие радиоволны. Последние вновь возвращаются на земную поверхность, но уже в значительном отдалении от места радиопередачи. Такой путь короткие радиоволны совершают несколько раз, отчего и возможна дальняя радиосвязь. Однако при хромосферных вспышках на Солнце и усилении его ультрафиолетового излучения происходят сильные возмущения ионосферы и магнитного поля Земли. Во время таких магнитных бурь радиосвязь нарушается, так как ионосфера хуже отражает радиоволны или пропускает их в космос.

В некоторых слоях ионосферы концентрация свободных электронов достигает несколько большей величины. Известны четыре таких слоя на высотах 60—80, 100—120, 180—200 и 300—400 км. Их обозначают буквами D, E, F_1 и F_2.

Экзосфера — самая верхняя, сильно разреженная часть атмосферы — сфера рассеяния. Температура в ней возрастает предположительно до 2000°.

Важные сведения о высоких слоях атмосферы получены с помощью советских спутников серии «Космос» и геофизических ракет.

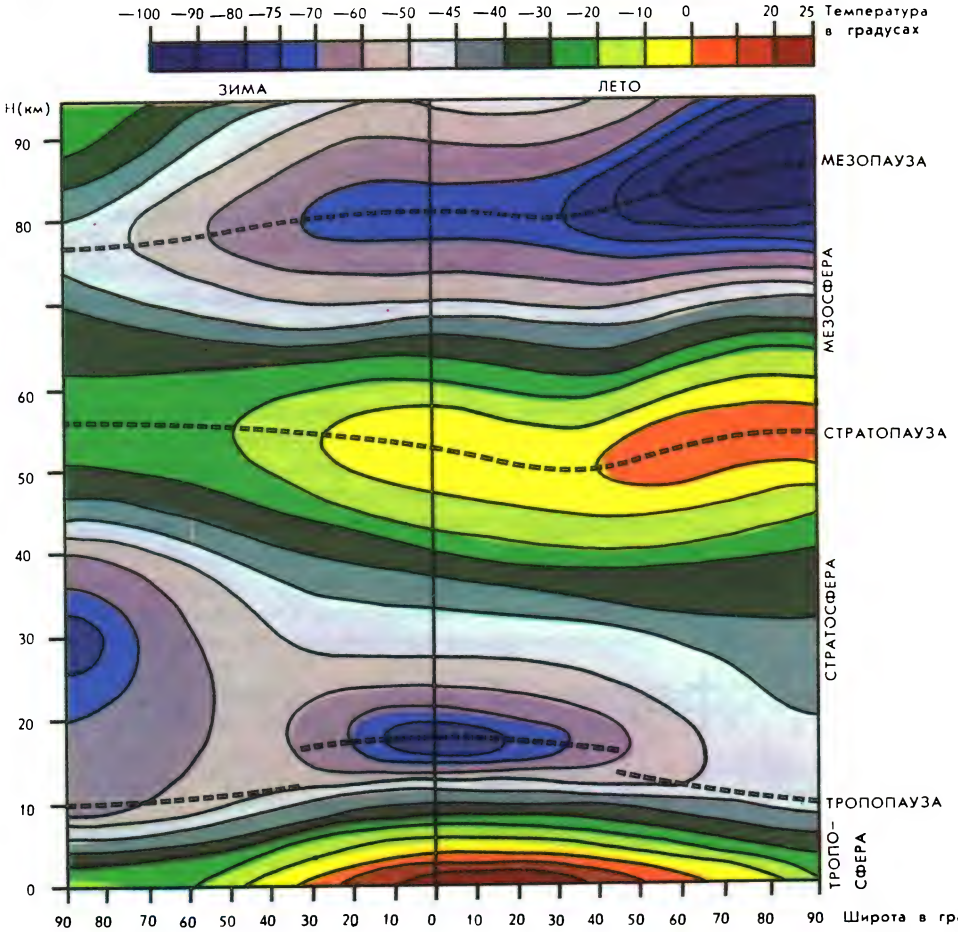
Ценны и непосредственные наблюдения космонавтов, проведенные с борта космических кораблей.

Околоземное пространство за пределами атмосферы, как показали исследования, заполнено заряженными частицами. Там существуют внутренняя и внешняя зоны радиации. Их границы изменяются в зависимости от солнечной активности. При ее усилении, т. е. когда на Солнце появляются пятна и струи газа, возрастает поток космических частиц, которые и питают радиационные зоны Земли. Эти зоны опасны для людей, поэтому перед полетом в космос определяется положение в этих зонах, а орбита космического корабля выбирается с таким расчетом, чтобы она проходила вне этих областей.

Циркуляция атмосферы

Лучистая энергия Солнца — это основной источник движения воздуха. Распределяется она на земном шаре неравномерно. В этом причина возникновения ветра. В экваториальную и тропическую зоны Земли солнечной радиации поступает больше, чем в умеренные и особенно в высокие широты, поэтому воздух в низких широтах нагревается больше, чем в умеренной зоне и полярных областях. Между теплыми и холодными массами воздуха возникает разность температуры и атмосферного давления. Это и порождает ветер. Простой пример возникновения ветра — *бриз*. Он возникает из-за разности температур воздуха над морем и сушей. Днем воздух над сушей нагревается сильнее, чем над морем. Нагретый воздух поднимается, и на его место приходит воздух с моря. Ночью происходит обратное явление: суша охлаждается больше, а море остается теплым. Тогда воздух над морем поднимается, а на его место приходит воздух с суши. Приблизительно так же возникают и более мощные ветры. Они дуют из области высокого в область низкого давления. Это происходит до тех пор, пока существует разность давления. Однако за исключением узкой зоны у экватора на направление и силу ветра действуют и другие силы. Одна из них — отклоняющая сила вращения Земли, называемая *силой Кориолиса*. Под ее действием ветер выше слоя трения, т. е. на высоте около 1 км, дует не вдоль градиента, а отклоняется от него на 90°. В приземном же слое воздуха действует и сила трения (с поверхностью Земли), которая уменьшает скорость ветра и отклоняет его влево от изобар.

При сближении теплого и холодного воздуха горизонтальные градиенты температуры, влажности и давления увеличиваются, а скорость ветра возрастает. При отдалении различно нагретого воздуха градиенты уменьшаются, ветры ослабевают. Зоны, в которых холодные и теплые воздушные массы сближаются, называют переходными или *фронтальными*. Такие неспокойные зоны ежедневно возникают и разрушаются в воздушном океане над умеренными и полярными областями обоих полушарий. Ширина фронтальных зон невелика — обычно 1—2 тыс. км. Но на фронтах, из-за разности температур и давлений, концентрируются большие запасы кинетической энергии и возникают крупнейшие атмосферные вихри — *циклоны* и *антициклоны*. Развиваясь, они по вертикали достигают десят-



Изменение температуры с высотой в атмосфере Земли (от экватора к полюсу), слева — в зимний период; справа — в летний период.

ков километров, охватывая всю тропосферу и нижние слои стратосферы, а в диаметре достигают 2—3 тыс. км, т. е. могут, например, охватить всю Европейскую часть СССР от Мурманска до Кавказа. И не удивительно, что в таких грандиозных вихрях теплые массы воздуха из экваториальной зоны и тропиков переносятся в умеренные и высокие широты, а холодные — в тропики и экваториальную зону. В результате температура в высоких широтах относительно повышается, а в низких широтах — понижается.

С циклонами обычно связана облачная с осадками погода, а с антициклонами — ясная и малооблачная. В циклоне преобладают восходящие движения воздуха, способствующие конденсации влаги, а в антициклоне — нисходящие, при которых степень насыщения влагой уменьшается. Во внетропических широтах эти атмосферные вихри наблюдаются повсюду, однако есть районы, где одни из них возникают чаще, другие — реже. Как показывают карты среднего месячного давления, в Северном полушарии зимой циклоны чаще всего образуются на севере Атлантики и Тихого океана, а антициклоны — на материках Азии и Северной Америки. Летом циклоны часто возникают и на материках, но они менее интенсивны. Антициклоны летом интенсивны над океанами. В Южном полушарии между зимой (июнь — август) и летом (декабрь — февраль) различие небольшое.

Циклоны чаще наблюдаются вокруг Антарктиды, а антициклоны — в северной части умеренной зоны и в субтропиках, причем их центры располагаются над океанами.

От атмосферного давления зависят и преобладающие ветры. Для низких широт особенно характерны *пассаты*. Это ветры, постоянно направленные из областей высокого давления в сторону экваториальной зоны. В Северном полушарии они северо-восточного направления, в Южном полушарии — юго-восточного. В отличие от пассатов *муссоны* — это сезонные ветры, связанные с разностью температуры воздуха над материками и океанами. Зимой эти ветры дуют от холодных материков к теплым океанам, а летом — из сравнительно холодных океанов на нагретые материки. Муссоны типичны для низких широт, особенно на юге и юго-востоке Азии. Появляются они и в умеренной зоне, в частности на Дальнем Востоке.

И пассаты и муссоны — ветры приземного слоя атмосферы. На высотах же картина иная. Во всей умеренной зоне выше 2—3 км преобладают западные ветры. Их средняя скорость на высоте 12 км

достигает больших величин: над юго-востоком Северной Америки максимальные средние скорости зонального ветра в январе — 40 м/с, над японскими островами — более 60 м/с и над Аравией — 44 м/с. На севере умеренной зоны и в высоких широтах средние скорости ветра невелики: в основном не выше 10—12 м/с. Однако в отдельные дни при интенсивном развитии циклонов и антициклонов на высотах 9—12 км скорости ветра могут превышать 60—80 м/с. Летом скорости воздушных течений повсеместно ослабевают и даже на высотах не превышают 30—40 м/с.

В последнее десятилетие много нового мы узнали о режиме ветра в стратосфере. Зимой в ней преобладают западные ветры, а летом — восточные. Однако в отдельные зимние месяцы режим ветра и температуры в стратосфере нарушается: возникают сильные и слабые ветры любых направлений и значительно повышается температура, что является следствием крупных меридиональных процессов в тропосфере. Еще многие атмосферные явления исследуются; для этого создается сеть ракетных наблюдений и усовершенствуется приемная аппаратура на метеорологических спутниках Земли.

Как изучают атмосферу

Физические явления и процессы, непрерывно совершающиеся в атмосфере, не обособлены друг от друга. Они всегда взаимосвязаны, а их сочетание очень сложно и бесконечно меняется. Сочетание всех атмосферных явлений в данном месте в определенный момент или короткий промежуток времени характеризует состояние воздуха, т. е. *погоду*. Совокупность и последовательная смена всех возможных в данной местности условий погоды за много лет называется *климатом*. Можно говорить о климате материка, его какой-то части, зоны, о климате района, даже отдельного города. Погода и климат воздействуют на органическую жизнь и на деятельность людей.

Было время, когда человек очень сильно зависел от капризов погоды. Горячие ветры, засухи, не в меру обильные дожди уничтожали посевы и пастбища. Сильные бури часто топили корабли и разрушали дорогостоящие сооружения. И все это происходило потому, что человек не знал причин, вызывающих эти грозные явления природы, и не мог заблаговременно их предвидеть.

Постепенно человеческий ум все глубже проникал в тайны атмосферных явлений и процессов. Современная наука об атмосфере — *метеорология* — решает важные научные и практические задачи. Всесторонне изучая строение и свойства атмосферы, а также происходящие в ней физические явления и процессы, метеорологи разрабатывают и совершенствуют методы прогноза (предсказания) погоды. Они ищут способы борьбы с неблагоприятными атмосферными явлениями, разрабатывают методы изменения погоды и климата в необходимом для человека направлении. Это уменьшает зависимость людей от погоды и климата.

Исследуя атмосферу, метеорологи исходят из общих законов физики, особо учитывая при этом географические условия, в которых протекают атмосферные процессы. Но в отличие от физики, для которой одним из основных методов исследования является эксперимент, т. е. искусственное воспроизведение явлений в лабораториях, метеорология раскрывает закономерности изучаемых ею явлений и процессов на основе данных наблюдений в естественных условиях. И хотя в последнее время в некоторых метеорологических работах все большее значение приобретает эксперимент, ведущая роль в науке об атмосфере по-прежнему принадлежит натурным наблюдениям.

Свою основную задачу — всестороннее изучение свойств атмосферы с целью прогноза погоды и искусственного воздействия на атмосферные процессы — метеорологи решают, главным образом анализируя и обобщая наблюдения над метеорологическими элементами и характером их изменений в пространстве и времени.

К *метеорологическим элементам* относятся: солнечная радиация, температура воздуха и почвы, влажность воздуха, атмосферное давление, ветер, облачность, осадки, снежный покров, видимость, метели, туманы, грозы и т. д.

Метеорологические наблюдения проводятся либо на поверхности Земли и в непосредственной близости к ней, либо на некоторой, иногда довольно значительной высоте. Поэтому принято различать *наземные* и *аэрологические наблюдения*.

В настоящее время для изучения высоких слоев атмосферы широко применяются *радиозонды*. Они поднимаются в атмосферу на небольших резиновых или полиэтиленовых воздушных шарах. Радиозонд снабжен маленьким радиопередатчиком, который передает показания прибора на Землю. Принимая сигналы радиозонда, метеорологи определяют давление, температуру и влажность воздуха на различных высотах. За полетом радиозонда метеорологи непрерывно следят с помощью *радиолокатора*, измеряя при этом направление и скорость ветра на высотах. Ученые установили, что очень короткие радиоволны отражаются не только от металлических предметов, но и от других объектов, например от облаков. Это позволило использовать радиолокационный метод для наблюдений за грозами, зонами осадков и т. д.

При помощи радиозондов изучают атмосферу до высоты 35—40 км. Более высокие слои, до 80—100 км, исследуются с помощью специальных *метеорологических ракет*. В головной части метеорологической ракеты помещены приборы для измерения температуры, давления и плотности воздуха. На заданной высоте головная часть ракеты отделяется от ее корпуса и спускается на парашюте. Показания приборов передаются на наземные приемные пункты с помощью особых радиосигналов.

Выдающимся достижением современной науки явились запуски *искусственных спутников Земли*. С их помощью изучаются верхние слои атмосферы и космическое пространство. В широком комплексе исследований, которые проводятся при помощи спутников, важное место занимают наблюдения за давлением, плотностью и составом воздуха в верхних слоях атмосферы, за лучистой энергией Солнца и т. д.

Метеорологические спутники оборудованы телевизионной, инфракрасной и актинометрической аппаратурой, которая передает на Землю изображения облаков, сведения о приходе и расходе тепла на нашей планете и т. д. Чтобы получить более полную информацию о метеорологических условиях на всей планете сразу, создаются системы из нескольких метеорологических спутников, работающих одновременно.

Изучение верхних слоев атмосферы — одна из наиболее важных проблем метеорологии. Однако первостепенное значение имеет исследование нижнего слоя воздуха, в котором живет и работает человек. Физические явления и процессы, происходящие в слое атмосферы, прилегающем к земной поверхности, изучаются главным образом по данным наблюдений метеорологических станций во многих пунктах земного шара. Сеть таких станций раскинулась и по всей нашей стране. Высоко в горах и в таежных дебрях, среди полей и зыбучих песков, на берегах рек, озер, морей и водохранилищ советские метеорологи ведут наблюдения за многочисленными сложными и порой грозными явлениями природы. Эти наблюдения не прекращаются ни днем, ни ночью, ни в летний зной, ни в зимнюю стужу. Даже на дрейфующих льдах Арктики и среди вечных снегов Антарктиды несут непрерывную вахту разведчики погоды. В своей работе они пользуются не только обычными метеорологическими приборами — *термометрами, барометрами, анемометрами, различными самописцами* и т. д., но и специальными радиолокаторами, самолетами, морскими кораблями.

Наблюдения на метеорологических станциях СССР проводятся одновременно восемь раз в сутки, в 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 и 24 ч по московскому времени. Результаты наблюдений сразу же передаются по телеграфу или по радио в метеорологические центры, где используются для прогноза погоды. Кроме обычных метеорологических станций, в труднодоступных районах — в горах, пустынях, на островах и т. п. — устанавливаются радиометеорологические станции, которые без участия человека фиксируют значения некоторых метеорологических элементов и в определенные часы автоматически передают их по радио. В недалеком будущем автоматические станции начнут работать не только в труднодоступных, но и в обжитых районах страны. Огромная метеорологическая информация с наземных и аэрологических станций, с кораблей и самолетов, ракет и искусственных спутников Земли обрабатывается с помощью вычислительных машин и используется как в научных, так и в прикладных целях.

Все работы, о которых мы здесь говорили, в нашей стране проводятся *Гидрометеорологической службой СССР*. Эта организация обеспечивает народное хозяйство и нужды обороны страны гидрометеорологической информацией и прогнозами, а также предупреждает об опасных природных явлениях на суше и морях.

Научно-исследовательское судно «Космонавт Владимир Комаров» исследует верхние слои атмосферы, взаимодействие океана и воздушной оболочки, распространение радиоволн и их зависимость от состояния космического пространства.

Одна из башен радиолокационных антенн корабля «Космонавт Владимир Комаров», предназначенных для исследования верхних слоев атмосферы и приема сигналов космических аппаратов.

Корабль оснащен электронно-вычислительной аппаратурой.

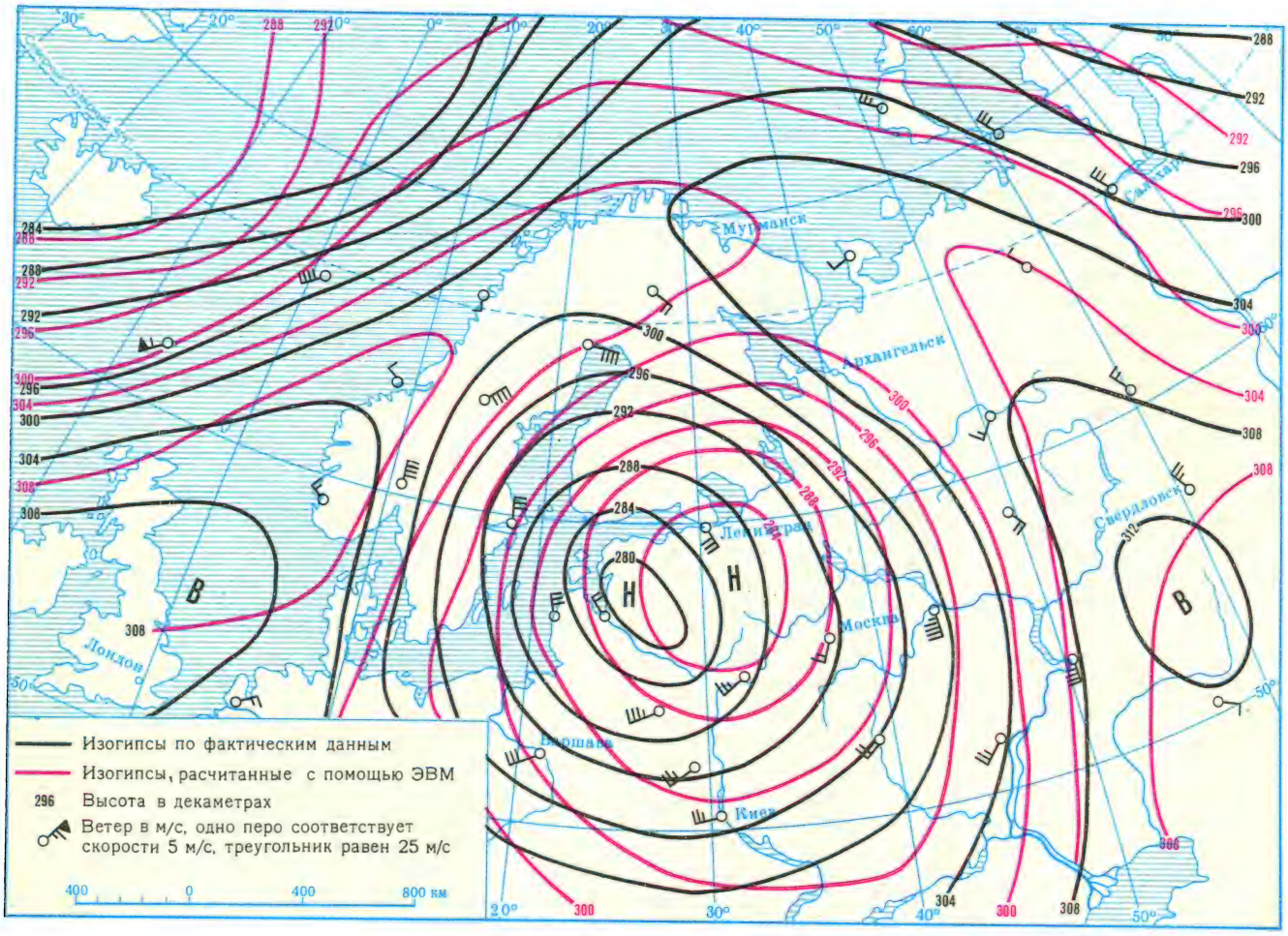
Прогноз погоды

Человек борется со стихией ежедневно, ежечасно, ежеминутно. Каждый день погода несет людям радость или беды. В одних районах мира ярко светит солнце, а в других в это же время завывает пурга, штормовые ветры неистово обрушиваются на сушу и море, густые туманы окутывают большие пространства. Чтобы предотвратить бедствия, которые приносит людям стихия, нужно вовремя предсказывать погоду.

В Европе службы погоды начали создаваться в середине XIX в., после Крымской войны. В 1854 г. англо-французский флот был почти полностью уничтожен во время шторма в Черном море. Регулярных метеорологических наблюдений тогда не велось, и моряки не знали о надвигающейся буре. Это событие и послужило толчком к организации первых регулярных наблюдений за погодой. Их начали проводить в наиболее развитых странах.

В России первый бюллетень погоды был издан в 1872 г. Сначала российская служба погоды составляла лишь обзоры погоды, в которых предупреждала о сильных ветрах на Балтийском и Черном морях. Эти обзоры публиковались в газетах. Затем в ряде губерний были организованы местные бюро погоды. И только после Великой Октябрьской социалистической революции по декрету, подписан-

Карта барической топографии.



ному В. И. Лениным 21 июня 1921 г., была организована метеорологическая служба.

К 1925 г. на земном шаре работало уже около 500 метеорологических станций, а сейчас таких станций свыше 10 тыс. Они несколько раз в сутки производят визуальные и инструментальные наблюдения за погодой. Визуально наблюдают за формой и количеством облаков, видом осадков и другими явлениями погоды. Путем инструментальных наблюдений определяют температуру и влажность воздуха, давление и т. д.

Для краткосрочных и долгосрочных прогнозов необходимы данные наблюдений за погодой на значительной территории. Синоптики-прогнозисты пользуются приземными и высотными картами погоды как Северного, так и Южного полушария. До 30-х годов нашего века такие карты составлялись лишь на основе данных наземных метеорологических наблюдений. Конечно, эти данные были далеко недостаточны: судить по ним о динамике атмосферных процессов было почти невозможно. Качество прогнозов повысилось только тогда, когда началось аэрологическое радиозондирование атмосферы. Первый радиозонд, изобретенный нашим соотечественником проф. *П. А. Молчановым*, был запущен в конце 1930 г. под Ленинградом. Поднимаясь в свободную атмосферу, он радиосигналами передавал на станции сведения о температуре, давлении и влажности воздуха. Позже были изобретены радиопилоты, которые передавали сведения о скорости и направлении ветра на высотах; метеорологические ракеты, запускаемые в верхние слои атмосферы (30—80 км), и искусственные спутники Земли.

Уже в середине 30-х годов метеорологи начали составлять высотные карты погоды — *карты барической топографии* — сначала в Центральном институте погоды в Москве, а затем и во всех органах службы погоды всей страны. На карты барической топографии наносят данные о ветре на разных высотах и по этим данным проводят изолинии давления, аналогично тому, как проводят горизонтали для изображения рельефа на топографических картах (см. ст. «Изображение Земли на плане, карте и глобусе»). Распределение данных по высоте позво-

ляет анализировать действительное состояние атмосферы в трех измерениях и определять развитие процессов на ближайшие 1—2 суток. Дальнейшее совершенствование этих карт, на которых показаны «поля» различного давления и температуры, а также положение фронтов, способствовало развитию синоптической метеорологии и усовершенствованию методов прогноза погоды не только на сутки, но и на 3—6 суток.

С помощью карт барической топографии метеорологи устанавливают особенности структуры циклонов и антициклонов, фронтальных зон и атмосферных фронтов. Это важно, чтобы определить непосредственные причины изменений давления, температуры, а также циркуляции воздуха в тропосфере и стратосфере. По характеру строения высотных полей температуры и ветра устанавливают, где могут возникнуть новые атмосферные вихри, и определяют траектории движения существующих. На основе этих карт вычисляют скорости вертикальных движений воздуха, определяют возможность выпадения и прекращения осадков и т. п.

При составлении прогнозов даже на сутки вперед синоптикам надо учитывать влияние многих взаимодействующих факторов, которые образуют погоду. А это очень сложно и не всегда удается. Поэтому метеорологи давно искали пути замены *качественных* методов прогноза погоды *расчетными*. Здесь им на помощь пришла математика. Разработаны сложнейшие уравнения гидродинамики, куда входят уравнения, описывающие законы сохранения массы и энергии, количества движения. Чтобы описать условия реальной атмосферы, необходимо учитывать увлажнение, запыленность, турбулентность и другие данные. Решать все эти уравнения сложно. Поэтому численные методы прогноза погоды стали практически возможны, лишь когда были изобретены электронно-вычислительные машины.

В самые последние годы появилась новая перспективная область метеорологии — *спутниковая*.

Как получают информацию о погоде

Прогноз погоды складывается из трех неразрывно связанных между собой этапов.

Первый из них — сбор данных *наблюдений за погодой*. Необходимо собрать в одно место сведения о состоянии атмосферы от наземных и радиозондирующих станций, пунктов штормооповещаний, оборудованных радиолокаторами, метеорологических спутников, самолетов и т. д. Это сложная оперативная задача, требующая применения современных средств связи. Основные исходные данные, которые используются для составления прогноза погоды,— различные характеристики давления, температуры, влажности, ветра, облачности и их изменения за определенный промежуток времени.

Второй этап — обработка и анализ полученных данных, т. е. *составление и анализ карт погоды*: выявление областей низкого и высокого давления (циклонов и антициклонов), проведение линий атмосферных фронтов, с которыми обычно связаны наиболее резкие изменения погоды, определение районов дождей, туманов, гололедов, гроз, градов, шквалов, пыльных бурь, сильных ветров и т. д.

Третий этап наиболее трудный — *составление прогноза погоды*. Качество и полнота наблюдений за погодой зависят от новой техники наблюдательных станций, от разработки новых и совершенствования действующих приборов, от методики наблюдений. Скорость обработки данных наблюдений и анализ их обеспечиваются применением электронно-вычислительных машин, автоматизацией всех звеньев, передающих сведения о погоде. Чтобы достичь более высокого качества и полноты наблюдений за погодой, теперь обычные наблюдательные метеорологические станции заменяют автоматическими, которые включены в общую систему сбора и обработки первичной информации. Кроме того, широко используется информация с искусственных спутников Земли.

В 1967 г. в нашей стране создана экспериментальная система «Метеор». Это несколько метеорологических спутников, одновременно действующих на околополярной орбите на высоте 600—650 и 900 км. Они наблюдают за погодой на Земле днем и ночью при помощи телевизионных камер и аппаратуры, регистрируют инфракрасное излучение поверхности Земли и облаков. На телевизионных фотографиях на фоне темной суши и воды довольно отчетливо виден светлый облачный покров Земли. На снимках, выполненных ночью в инфракрасных лучах, из-за различия температур земной поверхности и верхней границы облаков также достаточно хорошо заметны облачные вихри и полосы. Облачные вихри обычно связаны с циклонами, а облачные полосы — с атмосферными фронтами. По данным о форме и структуре облаков, полученным со спутников, можно обнаружить зарождение тайфунов и ураганов в разных районах океана, уточнить положение атмосферных фронтов, проследить движение ледяных полей, состояние снежного покрова,

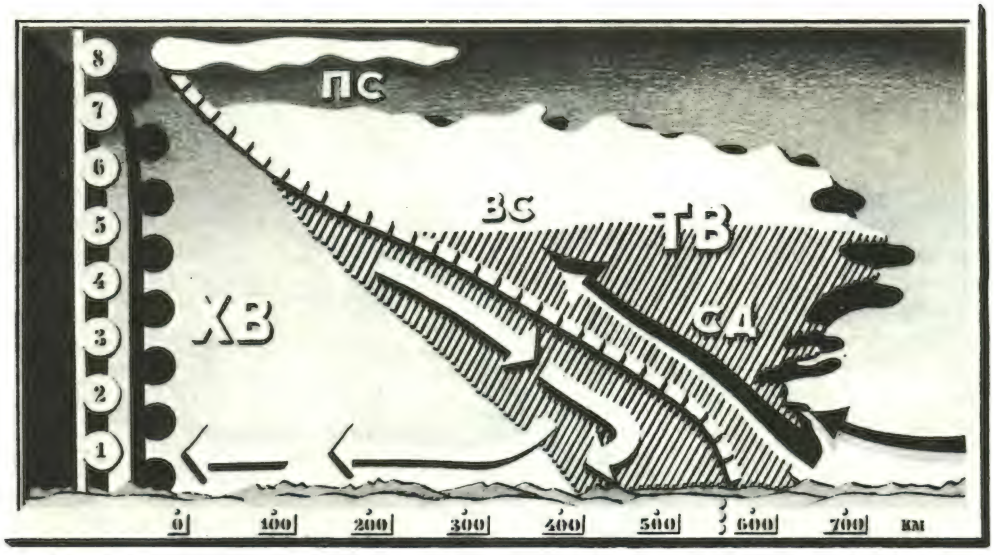


Схема облачности холодного фронта при устойчивой стратификации воздушных масс:
ПС — перисто-слоисты облака;
ВС — высоко-слоистые;
СД — слоисто-дождевые;
ХВ — холодный воздух;
ТВ — теплый воздух.
На схемах стрелками показаны направления воздушных потоков.

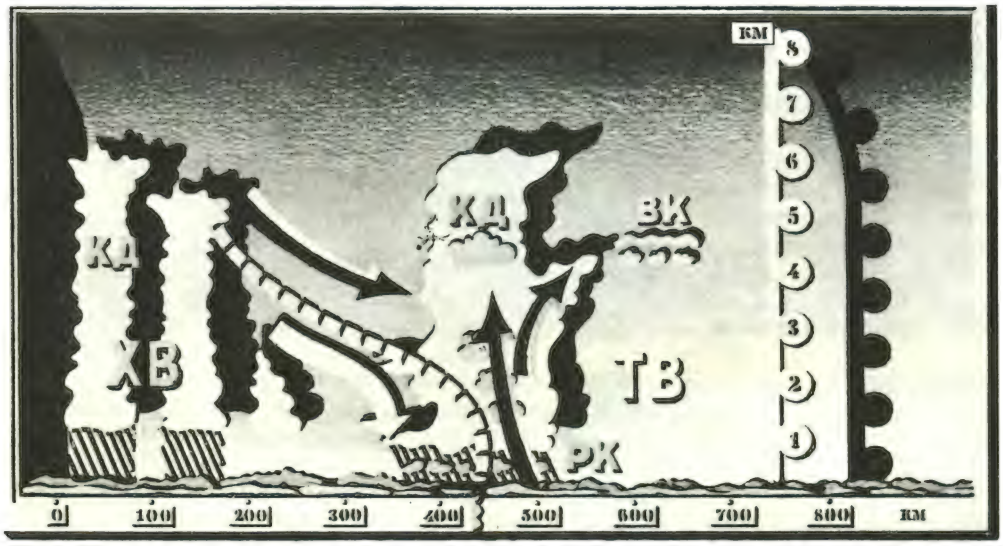


Схема облачности холодного фронта при неустойчивой стратификации воздушных масс:
КД — кучево-дождевое облако;
ВК — высоко-кучевое;
РК — разорванно-кучевое;
ХВ — холодный воздух;
ТВ — теплый воздух.

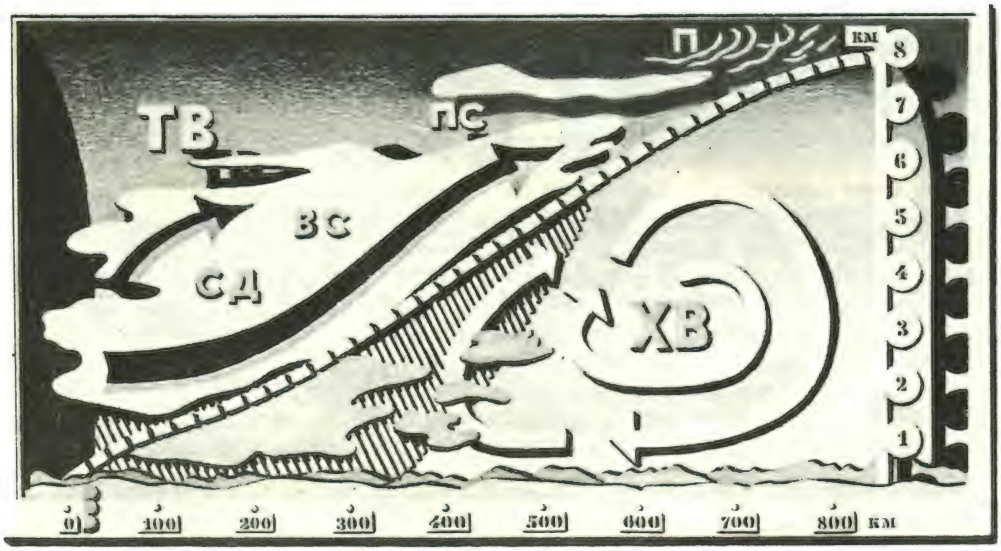
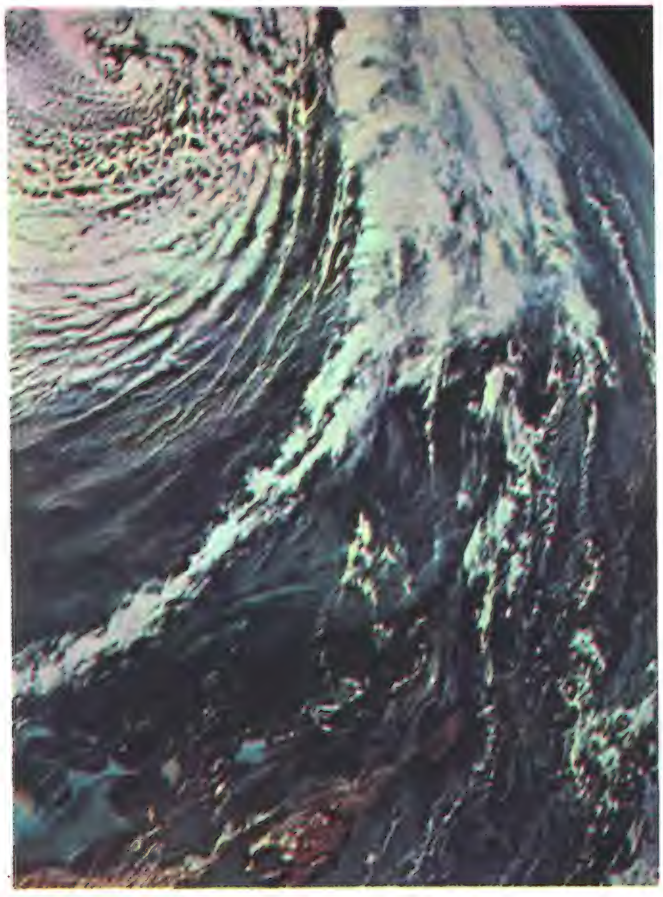


Схема облачности теплого фронта:
П — перистые облака;
ПС — перисто-слоисты
ВС — высоко-слоистые;
СД — слоисто-дождевые;
ТВ — теплый воздух;
ХВ — холодный воздух.



Зарождение циклона (снимок из космоса).

указать на возможность шквала, града или сильного дождя. Перспективы спутниковой метеорологии очень велики. Сейчас мы находимся лишь на самой начальной стадии ее развития.

Для быстрой обработки исходной информации и ее анализа в ЭВМ вводят одновременно с многих линий связи метеорологические данные, закодированные в виде цифровых телеграмм. За сутки таких телеграмм проходит несколько сот тысяч. Проведя обработку всей информации, объективный анализ и расчет, ЭВМ выдает готовую продукцию — расчерченные карты фактического или прогностического пoля атмосферного давления. Эти карты пересылают в прогностическую сеть страны. Для большей оперативности материалы из центра на места передают с помощью фотоаппаратуры.

В дальнейшем ученые предполагают передавать значения различных предвычисленных элементов погоды в виде цифр непосредственно с ЭВМ. Это ускорит поступление оперативных карт на 1—1,5 ч. При составлении прогноза погоды это огромный срок! По-видимому, в недалеком будущем синоптики будут иметь весь необходимый для составления прогноза погоды материал спустя 1—1,5 ч после срока наблюдений. Сейчас на составление полных карт погоды по территории Советского Союза и Европы уходит 3,5—5 ч.

Как составляют прогноз погоды

Основа прогноза погоды на несколько дней вперед — предсказание поля атмосферного давления. Правильный его прогноз уже обеспечивает на 60—70% успешность прогноза в целом. Поля давления от поверхности Земли до высоты 9 км прогнозируются по уравнениям гидродинамики и вычисляются на ЭВМ. Машина считает также поля вертикальных движений воздуха — это важно для прогноза осадков и облачности. Для циклонов, например, характерны восходящие движения воздуха, которые при определенных условиях могут привести к конденсации влаги, формированию и образованию осадков. В антициклонах, наоборот, вертикальные движения воздуха нисходящие, поэтому облачность «размывается» и наступают прояснения. В связи с этим тепло Земли в ночные часы уходит в атмосферу и прилегающие к ней слои воздуха охлаждаются. Вертикальные движения воздуха вычисляются теоретически, приборов для их измерения нет.

Итак, карта будущего поля атмосферного давления и вертикальных движений воздуха есть. Теперь надо составить прогноз положения и постепенного развития атмосферных фронтов. Это сделать нелегко, и вот почему. Напомним, что атмосферные фронты — это узкие переходные зоны между воздушными массами. Они отличаются друг от друга вертикальным и горизонтальным строением, условиями и явлениями погоды и множеством других характеристик. Обычно фронты связаны с областями низкого давления. Их горизонтальная протяженность измеряется тысячами километров, они прослеживаются от Земли до высоты 8—10 км. В зависимости от вертикального строения, особенностей перемещения и условий погоды фронты бывают теплыми и холодными. Холодные, как правило, движутся быстрее. Когда они догоняют теплый фронт, то смыкаются с ним, и образуется так называемый *фронт окклюзии*. У каждого из этих фронтов свои, присущие лишь ему условия и явления погоды, хотя в каждом конкретном случае, в зависимости от сезона года и физико-географических особенностей местности, влияние фронта может проявиться по-разному. На синоптических картах четко выраженные атмосферные фронты прослеживаются в полях температуры, ветра, в изменении

Некоторые из основных форм облаков

Слева — кучевые облака хорошей погоды.

Перистые облака.

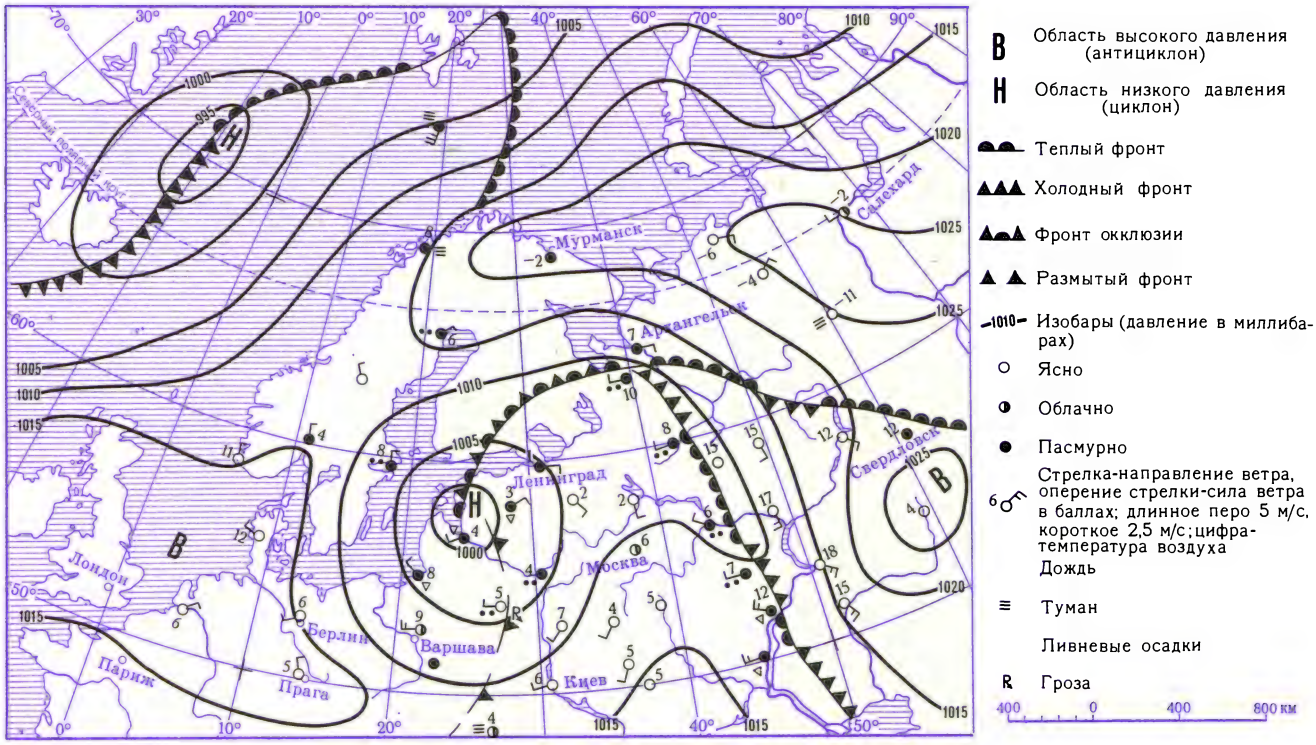
Слева — перистые и перисто-слоистые облака.

Слоисто-кучевые облака.

Кучевые облака.

Низкие облака плохой погоды (слоисто-дождевые).

Наземная синоптическая карта погоды.



приземного давления и явлениях погоды. Но не всегда все эти факторы срабатывают сразу, а выделить преобладающий фактор трудно. Здесь очень помогают данные об облачности, получаемые с метеорологических спутников Земли, но и облачность порой нельзя считать главным фактором.

Нелегко рассчитать и будущее положение атмосферных вихрей. Еще в 30-е годы было установлено, что циклоны, антициклоны и атмосферные фронты у поверхности Земли перемещаются в том же направлении и с такой же скоростью, что и ветер на высотах 3—5 км. Применение этого правила дает успех в расчетах 70—75%. А это значит, что указать будущее положение циклонов, антициклонов и атмосферных фронтов с точностью 20—30 км от пункта, для которого составляется прогноз погоды, невозможно. Отсюда следует, что любой прогноз погоды несет в себе неточность.

Кроме прогноза атмосферных вихрей и фронтов предсказывают также отдельно каждый из элементов погоды: ветер, температуру, облачность, осадки, туман, метели, гололед.

В обычных прогнозах говорится лишь о горизонтальной составляющей ветра. Воздух движется горизонтально в основном под действием *силы барического градиента* (т. е. изменения давления на единицу расстояния), который рассчитывают непосредственно по полю давления. Наибольшие барические градиенты давления наблюдаются в циклонах. В отдельных же районах страны ветры могут усиливаться и при малых барических градиентах за счет особенностей рельефа — узких долин, мысов и т. д. Ветер, его направление и скорость — это единственное явление погоды, которое описывают теоретически. Однако в одном и том же районе и при одних и тех же барических градиентах скорость ветра может быть разной. На нее влияют распределение температуры и ветра с высотой, контраст температуры по горизонтали, сезон года и в зависимости от этого характер подстилающей поверхности. Даже незначительная ошибка в определении одного из факторов может привести к серьезному просчету при установлении скорости ветра. А ошибки неизбежны! Допустим, предполагают, что температура воздуха в данном районе будет такая-то, а пока ветер достигнет этого места, она сильно изменится за счет таких причин, которые учесть очень трудно, как, например, трансформация и вертикальные движения воздуха. И все же ветер — один из элементов погоды, который прогнозируется лучше остальных (исключая температуру воздуха).

Особенно трудно предсказать осадки, гололед, изморозь. Они определяются многими факторами, которые находятся в непрерывном движении и в тесной взаимозависимости. Выделяют лишь главные факторы, влияющие на осадки. Так, для обложных осадков необходим точный учет температуры, влажности и вертикальных движений воздуха. Прогноз грозы, ливней, града, шквала зависит еще и от скорости восходящего потока воздуха, распределения скорости ветра с высотой, энергии неустойчивости атмосферы и т. д. Прогнозировать все эти явле-

ния — одна из труднейших задач синоптической метеорологии. Ведь достаточно, чтобы влажность у Земли увеличилась всего на 10%, как при прочих благоприятных условиях образуются кучево-дождевые облака. А небольшое повышение температуры на высотах может или совсем размыть облачность, или способствовать возникновению только кучевых облаков.

Сейчас информацию об облаках получают и с помощью радиолокаторов. Один радиолокатор охватывает площадь 270 тыс. км^2. Для визуальных наблюдений за этой территорией потребовалось бы 300 метеостанций! С помощью радиолокатора в радиусе 300 км можно обнаружить ливневые и градовые облака, а следовательно, на ближайшие несколько часов давать прогнозы с большей точностью.

Для прогноза гололеда и изморози надо сначала предсказать туманы и морось (моросящие осадки), переохлажденный дождь, мокрый снег, при которых они возникают. Кроме того, необходимо знать микроструктуру и водность облаков, размеры капель. Естественно, что прогноз величины отложения гололеда и изморози пока оставляет желать лучшего!

До сих пор разговор шел о краткосрочных прогнозах погоды. Однако сейчас составляются и долгосрочные — на 4—6 дней, на месяц и сезон. Проблема *долгосрочного прогноза погоды* — одна из труднейших не только в метеорологии, но и во всей геофизической науке в целом. Прогнозы погоды на 4—6 дней основаны на так называемом *синоптическом периоде*. По статистическим данным, атмосферные процессы за 4—6 дней протекают однотипно на достаточно большой территории, например в Европе и Западной Сибири. За это время в отдельных районах на прогнозируемой территории погода может изменяться, но, как правило, основные пути перемещения или траектории циклонов и антициклонов не пересекаются. Смена синоптических периодов сопровождается крупными изменениями атмосферных процессов и погоды. Чтобы предсказать погоду на месяц, находят различные статистические связи между крупными атмосферными процессами прошедшей и будущей циркуляции атмосферы, протекающей на всем Северном полушарии. На этой основе подбирают карты-аналоги за прошлые годы, когда наиболее яркие черты атмосферных процессов в предшествующие месяцы протекали аналогично текущему году.

Прогнозировать погоду на сезон еще труднее. Опытные прогнозы погоды на сезон составляются в Гидрометцентре СССР уже несколько лет.

Метеорологи все время ищут новые пути прогнозирования погоды, дающие наибольший экономический эффект для народного хозяйства. Например, прогнозисты-агрометеорологи, используя данные о запасах влаги, влагообеспеченности в конце весны и в начале лета, составляют прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур и валового сбора зерна почти на всей территории СССР.

На Северном Кавказе, в Закавказье и в Средней Азии стоят противоградовые отряды, вооруженные радиолокаторами, орудиями и ракетами. Когда по прогнозу ожидается град, они стреляют по градовым облакам, которые обнаруживаются на экране радиолокаторами, вносят в них реагент — йодистое серебро. Мелкие капли воды кристаллизуются, не успевая смерзаться в градины.

В рыбопромысловых экспедициях прогнозисты-гидрометеорологи предсказывают погоду, температуру, соленость и волнение моря.

Для корабля, пересекающего океаны, гидрометеорологи рекомендуют специальный курс, следуя которому корабли избегают встречи со штормами.

Усовершенствуя методику исследований с помощью электронно-вычислительных машин, метеорологи получают все больше информации с метеорологических спутников Земли, все точнее прогнозируют погоду.

Местные признаки погоды

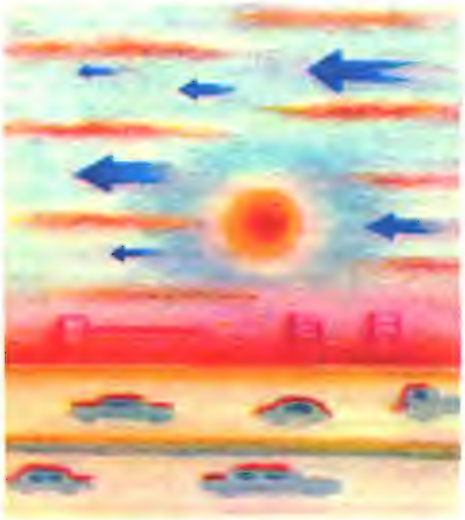
В период становления прогностической метеорологии и до организации радиопередач местным признакам погоды придавалось большое значение и было опубликовано много исследований. Они содержали научное обоснование признаков, по которым можно судить о ближайших изменениях погоды. Однако в век радио и телевидения интерес к местным признакам изменения погоды уже ослабел. Это является следствием того, что научное прогнозирование погоды имеет большую оправдываемость и суточные прогнозы передаются ежедневно несколько раз по радио и печатаются в газетах. Однако передаваемые по радио прогнозы погоды составляются обычно для большого района. Поэтому знание местных признаков, основанных на наблюдениях в одном пункте, может помочь уточнить прогноз погоды для этого пункта и прилегающего района.

Для определения ближайших перемен погоды недостаточно пользоваться только одним каким-либо признаком. Необходимо стремиться учесть весь доступный комплекс их. Но чтобы уметь правильно использовать все признаки, необходимо внимательно наблюдать за изменениями погоды в данных физико-географических условиях и повседневно определять их оправдываемость.

Признаки сохранения хорошей погоды

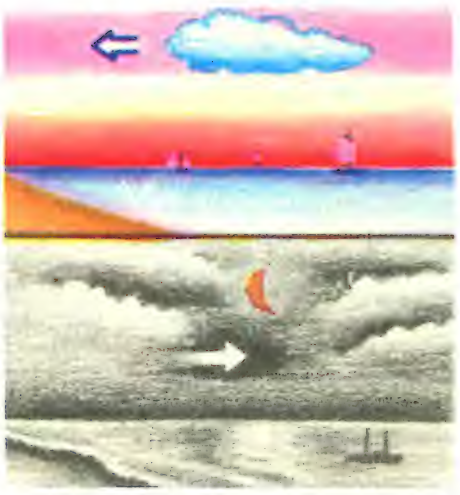
В ложбинах, низменных местах вечером и ночью собирается поземный туман, расходящийся после восхода солнца.

Зимой — белые венцы большого диаметра вокруг Солнца или Луны, а также столбы около Солнца, или так называемые ложные солнца.



После восхода солнца ветер усиливается, достигает наибольшей силы днем и к вечеру стихает.

На небе видны очень высокие изорванные перистые облака причудливых форм, которые кажутся висящими на одном месте.



К 10 часам утра появляются кучевые облака, количество их постепенно увеличивается к 3—4 часам дня, а к вечеру облака исчезают.

На берегу моря или большого озера ветер днем дует с воды на сушу, а ночью, наоборот, с суши на воду (бризы).

Признаки улучшения погоды

Утром появляются кучевые облака, которые к вечеру исчезают.

Ночью тихо и прохладно. В лесу значительно теплее, чем в поле. Луна садится при чистом небе.

После ненастной погоды вечером появляется солнце, при закате нет облаков в западной половине неба.

Вечером появляется радуга, в которой резко выделяется зеленый цвет. Ночью выпадает сильная роса.

Дым поднимается вверх

Кучевые облака движутся в том же направлении, что и ветер у земли.

Грозные явления атмосферы

Как мы уже говорили (см. ст. «Воздушный океан»), контрасты температуры, давления и влажности вызывают движения воздуха. А в зонах соприкосновения теплых и холодных воздушных масс, где эти контрасты наиболее сильны, — на атмосферных фронтах — возникают мощные вихри. С атмосферными фронтами и вихрями и связаны грозные явления атмосферы, о которых мы расскажем подробнее.

Атмосферные вихри (тропические циклоны, смерчи, шквалы и ураганы)

Тропические циклоны — это вихри, в центре которых низкое давление; образуются они летом и осенью над теплой поверхностью океана. Обычно тропические циклоны возникают только в низких широтах около экватора, между 5 и 20° Северного и Южного полушарий. Отсюда вихрь диаметром примерно 500—1000 км и высотой в 10—12 км начинает свой бег. Тропические циклоны широко распространены на Земле, и в различных частях света их называют по-разному: в Китае и Японии — *тайфунами*, на Филиппинах — *бэгвиз*, в Австралии — *вилли-вилли*, вблизи побережья Северной Америки — *ураганами*. По разрушительной силе тропические циклоны могут соперничать с землетрясениями или извержениями вулканов. За один час один такой вихрь диаметром в 700 км выделяет энергию, равную 36 водородным бомбам средней мощности. В центре циклона часто бывает так называемый *глаз бури* — небольшая *область затишья* диаметром 10—30 км. Здесь малооблачная погода, небольшая скорость ветра, высокая температура воздуха и очень низкое давление, а вокруг, вращаясь по часовой стрелке, дуют ветры ураганной силы. Их скорость может превышать 120 м/с, при этом возникает мощная облачность, сопровождаемая сильными ливнями, грозами и градом. Вот, например, какие беды натворил ураган «Флора», пронесшийся в октябре 1963 г. над островами Тобаго, Гаити и Куба. Скорость ветра достигала 70—90 м/с. На Тобаго началось наводнение. На Гаити ураган уничтожил целые селения, погибли 5 тыс. человек и 100 тыс. остались без крова. Количество осадков, сопровождающих тропические циклоны, кажется невероятным в сравнении с интенсивностью дождей при самых сильных циклонах умеренных широт. Так, при прохождении одного урагана через Пуэрто-Рико за 6 часов выпало 26 млрд. т воды. Если разделить это количество на единицу площади, осадков будет значительно больше, чем их выпадает за год, например, в Батуми (в среднем 2700 мм).

Конечно, активно бороться с тропическими циклонами люди пока не могут, но важно вовремя подготовиться к урагану, будь то на суше или на море. Для этого над необъятными просторами Мирового океана круглосуточную вахту несут метеорологические спутники, оказывающие большую помощь в прогнозе путей перемещения тропических циклонов. Они фотографируют эти вихри даже в момент их зарождения, а по фотографии можно довольно точно определить положение центра циклона, проследить его движение. Поэтому в последние годы удавалось предупредить население обширных районов Земли о приближении тайфунов, которые нельзя было обнаружить обычными метеорологическими наблюдениями.

Смерч — одно из наиболее разрушительных и в то же время эффектных атмосферных явлений. Это огромный вихрь с вертикальной осью длиной в несколько сотен метров. В отличие от тропического циклона он сконцентрирован на небольшой площади: весь как бы на глазах. На берегу Черного моря можно видеть, как из центральной части мощного кучево-дождевого облака, нижнее основание которого принимает форму опрокинутой воронки, вытягивается гигантский темный хобот, а навстречу ему с поверхности моря поднимается другая воронка. Если они сомкнутся, образуется огромный, быстро перемещающийся столб, вращающийся против часовой стрелки. Смерчи образуются при неустойчивом состоянии атмосферы, когда воздух в ее нижних слоях очень теплый, а в верхних — холодный. При этом происходит очень интенсивный воздухообмен, сопровождаемый вихрем огромной скорости — несколько десятков метров в секунду. Диаметр смерча может достичь нескольких сот метров, а перемещается он иногда даже со скоростью 150—200 км/ч. Внутри вихря образуется очень низкое давление, поэтому смерч втягивает в себя все, что встречает на пути: он может переносить на большое расстояние воду, почву, камни, части построек и т. д. Известны, например, «рыбные» дожди, когда смерч из пруда или озера вместе с водой втягивал в себя и находящуюся там рыбу.

Смерчи на суше в США и Мексике называют *торнадо*, в Западной Европе — *тромбом*. Торнадо в Северной Америке довольно частое явление — здесь их в среднем возникает более 250 в год. Торнадо — самый сильный из смерчей, наблюдаемых на земном шаре, со скоростью ветра до 220 м/с. Самый

Смерч — одно из наиболее разрушительных атмосферных явлений — огромный вертикальный вихрь высотой в несколько десятков метров.

Смерч, наблюдавшийся в заливе Тампа Бей во Флориде в 1964 г.

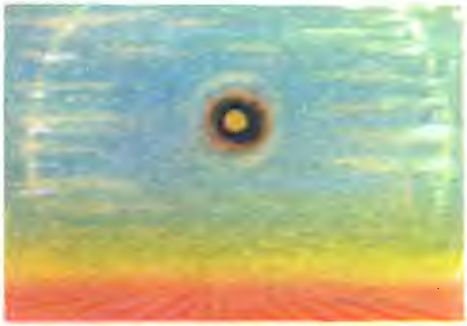
Корабль, выброшенный волнами на берег.

Смерч на море. Диаметр смерча может достигать нескольких сот метров и перемещаться со скоростью 150—200 км/ч.

Признаки ухудшения погоды

Перистые облака в виде крючков движутся с запада или юго-запада.

Ветер к вечеру не стихает, а усиливается.



Луна окаймляется маленьким венчиком (гало́).

После появления быстро движущихся перистых облаков небо покрывается прозрачным (как вуаль) слоем перисто-слоистых облаков. Они видны в форме кругов около Солнца или Луны.

На небе одновременно видны облака всех ярусов: кучевые, «барашки», волнистые и перистые.

Если развившееся кучевое облако переходит в грозовое и в верхней части его образуется «наковальня», то следует ожидать града.

Утром появляются кучевые облака, которые растут и к полудню принимают форму высоких башен или гор.

Дым идет книзу или стелется по земле.

страшный по своим последствиям торнадо пронесся в марте 1925 г. через штаты Миссури, Иллинойс, Кентукки и Теннесси, где погибло 689 человек. В умеренных широтах нашей страны смерчи бывают раз в несколько лет. Исключительно сильный смерч со скоростью ветра 80 м/с пронесся через г. Ростов Ярославской области в августе 1953 г. Смерч прошел через город за 8 мин, оставив полосу разрушений шириной 500 м. Он сбросил с железнодорожных путей два вагона весом 16 т.

Предвидеть образование и путь движения торнадо по суше трудно: он перемещается с огромной скоростью и очень кратковременен. Однако сеть наблюдательных пунктов сообщает в Бюро погоды о возникновении торнадо и его местонахождении. Там эти данные анализируют и передают соответствующие предупреждения.

Шквалы. Раздался удар грома, сплошной черно-серый вал облаков стал еще ближе — и вот словно все смешалось. Ураганный ветер ломал и вырывал с корнем деревья, срывал крыши с домов. Это налетел шквал.

Шквал возникает в основном перед холодными атмосферными фронтами или вблизи центров небольших подвижных циклонов при вторжении холодных масс воздуха в теплые. Холодный воздух при вторжении вытесняет теплый, заставляя его быстро подниматься, и чем больше разность температур между встречающимся холодным и теплым воздухом (а она может превышать 10—15°), тем больше сила шквала. Скорость ветра при шквале достигает 50—60 м/с, а длиться он может и до одного часа; он нередко сопровождается ливнем или градом. После шквала происходит заметное похолодание. Шквал может возникнуть во все сезоны года и в любое время суток, но чаще летом, когда сильнее прогревается земная поверхность.

Шквалы — грозное явление природы, особенно из-за внезапности их появления. Приводим описание одного шквала.

24 марта 1878 г. в Англии на берегу моря встречали прибывающий из дальнего плавания фрегат «Эвридик». «Эвридик» уже показался на горизонте. До берега оставалось каких-нибудь 2—3 км. Вдруг налетел ужасающий шквал со снегом. Море покрылось огромными валами. Явление продолжалось всего минуты две. Когда шквал закончился, от фрегата не осталось никаких следов. Он был опрокинут и затонул.

Ветер более 29 м/с называют *ураганом.*

Ураганные ветры чаще всего наблюдаются в зоне сближения циклона и антициклона, т. е. в областях с резким перепадом давления. Такие ветры наиболее характерны для прибрежных районов, где встречаются морские и континентальные воздушные массы, или в горах. Но бывают они и на равнинах. В начале января 1969 г. холодный антициклон с севера Западной Сибири быстро переместился на юг Европейской территории СССР, где встретился с циклоном, центр которого располагался над Черным морем, при этом в зоне сближения антициклона и циклона возникли очень большие разности давления: до 15 мб на 100 км. Поднялся холодный

Грозовые явления часто сопровождают вулканические извержения.

ветер со скоростью 40—45 м/с. В ночь со 2 на 3 января ураган обрушился на Западную Грузию. Он разрушил жилые дома в Кутаиси, Ткибули, Самтредиа, с корнем вырывал деревья, рвал провода. Остановились поезда, прекратил работу транспорт, кое-где возникли пожары. Огромные волны двенадцатибалльного шторма обрушились на берег около Сухуми, были повреждены корпуса санаториев курорта Пицунда. В Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях ураганные ветры подняли в воздух вместе со снегом массу земли. Ветер срывал крыши с домов, разрушил верхний слой почвы, выдул посевы озимых. Снежные бури занесли дороги. Перекинувшись на Азовское море, ураган погнал воду от восточного берега моря к западному. От городов Приморско-Ахтарска и Азова море отступило на 500 м, а в Геническе, находящемся на противоположном берегу, затопило улицы. Ураган прорвался и на юг Украины. На побережье Крыма были повреждены причалы, краны и пляжные сооружения. Таковы последствия лишь одного урагана.

Ураганные ветры часты на побережьях арктических и дальневосточных морей, особенно зимой и осенью при прохождении циклонов. В нашей стране на станции Пестрая Дресва — на западном берегу залива Шелихова — ветер в 21 м/с и больше наблюдается раз шестьдесят в году. Станция эта расположена у входа в узкую долину. Попадая в нее, слабый восточный ветер с залива за счет сужения потока усиливается до ураганного.

Когда при сильном ветре выпадает снег, возникают *метели* или *бураны*.

Метелью называется перенос снега ветром. Последний часто сопровождается вихревыми движениями снежинок. Образование метелей зависит не столько от силы ветра, сколько от того, что снег является сыпучим и легким материалом, который легко поднимается ветром с земли. Отсюда метели возникают при различных скоростях ветра, иногда начиная уже с 4—6 м/с. Метели заносят снегом дороги, взлетно-посадочные полосы аэродромов, наметают громадные сугробы.

Местные опасные ветры

Местные ветры ураганной силы возникают в условиях горного рельефа, но лишь при определенных обстоятельствах, которые создаются атмосферными процессами крупного масштаба. Из таких ветров наиболее распространена *бора́* — очень сильный порывистый холодный ветер. Он возникает в приморских районах, когда холодные массы воздуха сначала накапливаются за сравнительно невысокими горными хребтами, а затем переваливают через них и устремляются вниз к побережью. Бора может дуть несколько суток, причем скорость ветра нередко превышает 50—60 м/с, иногда достигает 80 м/с. Бора наблюдается в Италии, на Адриатическом побережье Югославии и во многих других районах мира. Из местных ураганных ветров в нашей стране

Некоторые атмосферные явления приносят серьезные разрушения.

наиболее известны новороссийская и новоземельская бора, сарма на Байкале (байкальская бора), урсатьевский ветер в Узбекистане и бакинский норд. Вблизи Новороссийска холодный ветер, преодолевая с севера Мархотский перевал, обрушивается на город, при этом вода в Цемесской бухте как бы кипит; срываемые с ее поверхности капли осаждаются на кораблях и строениях. Если бора возникает зимой, то при низких температурах капли воды замерзают и на береговых сооружениях толщина льда иногда достигает 4 м.

У *новоземельской боры* скорость ветра еще выше, чем у *новороссийской*, так как она возникает при более значительных контрастах температуры и давления. При порывах скорость ветра превышает 70—80 м/с. Бора дует с востока на запад, от холодного Карского моря к незамерзающему теплому Баренцеву. Поэтому ветер более жесток на западном побережье Новой Земли, куда он, перевалив через невысокие горы, обрушивается холодным потоком.

Сильные ветры типа боры наблюдаются на озере Байкал в Сибири. Называются эти ветры *сарма*, по имени реки Сармы, через долину которой холодный воздух из Якутии прорывается к озеру.

Бакинский норд имеет много общего с борой. Это сильный ветер, скорость которого нередко достигает 20—30 м/с. Он может дуть с ураганной силой несколько дней подряд. Возникает норд при высоком давлении на Северном Кавказе и низком давлении на юге Каспия.

Урсатьевский ветер рождается у станции Урсатьевская у входа в Ферганскую долину. Здесь воздушный поток сжимается у горного прохода и скорость ветра резко увеличивается. Подобные ветры возникают и в других районах СССР и в зарубежных странах.

В отличие от боры *фён* — жаркий и сухой местный ветер. Возникает он, когда воздух с вершины хребта опускается в долину, причем температура воздуха повышается в результате адиабатического нагревания. Обычно скорость фёна значительно слабее, чем боры, но и она нередко достигает 20—25 м/с. Фён страшен не своей силой — его иссушающее дыхание губит растительность. Тяжело переносят его и люди. Фёны довольно часто наблюдаются в горах Кавказа, Средней Азии, Алтая, в Альпах, Скалистых горах и в других горных районах земного шара.

Ливни, град и грозы

Мощные вертикальные движения воздуха, возникающие в зоне больших контрастов температуры и высокой влажности, приводят к образованию кучево-дождевых облаков с сильными ливнями, градом и грозами.

Ливнем называют дождь такой силы, когда в одну минуту выпадает более 1 мм осадков. Даже кратковременный ливень порой может обернуться бедой. Особенно опасны ливни в горах, где стреми-

Молния сопровождается оглушительным треском (громом).

Для защиты от молнии не становитесь под высокими деревьями, особенно одиноко стоящими, так как молния часто ударяет в них.

тельно стекающие со склонов дождевые воды захватывают не только рыхлые породы, но и крупные камни и глыбы. При этом могут возникнуть грязевые или грязе-каменные потоки — так называемые *сели*. Ливни типичны для влажных тропиков и субтропиков. У нас они особенно часты на юге Черноморского побережья Кавказа. Но при сложных метеорологических условиях они бывают и на равнинах умеренного пояса. В середине июля 1969 г. над севером Италии образовался небольшой циклон. В его тыловую часть вторгся холодный воздух, и циклон начал перемещаться к северо-востоку, на территорию Европейской части СССР. Вскоре циклон превратился в мощный атмосферный вихрь шквалистой силы, который принес много теплого и влажного воздуха. В Молдавии за одни-двое суток выпало 100—150 мм дождя, на малых реках возникли небывалые паводки. Они залили поймы рек, затопили шоссейные и железные дороги, прибрежные села. Потоки воды размывали склоны, сносили посевы. Затем дожди начались на Правобережной Украине: в Черновицкой и Ивано-Франковской областях за сутки выпали месячные нормы осадков. Уровень воды в Пруте, Серете, Быстрице и других реках поднялся на 2—5 м.

Грозы обычно сопровождаются *молниями* и оглушительными раскатами *грома*. Грозы распространены повсеместно, причем в тропиках они бывают круглый год. Например, в Индонезии, на острове Ява, в районе Байтензорга, который занимает первое место в мире по количеству гроз, 167 дней в году сверкают молнии. В умеренных широтах грозы наблюдаются преимущественно в теплые сезоны года при кучево-дождевой облачности. Всего же на земном шаре одновременно происходит до 1800 гроз.

Грозовые разряды — молнии — вызывают сильные электрические поля, которые возникают внутри кучево-дождевой облачности. Различают несколько видов молний: *линейная* — искровой разряд с разветвлениями длиной в среднем 2—3 км и диаметром в несколько десятков сантиметров. *Плоская* — вид вспышки на поверхности облаков. *Чечеточная молния* — светящиеся точки, пробегающие на фоне облаков,— наблюдается очень редко. *Шаровая молния* — круглая светящаяся газовая масса, она как бы кипит, разбрасывая искры. Ее появление сопровождается резким свистом или жужжанием. Молнии часто бывают причиной пожаров. Особенно опасны они после длительной засухи, когда леса готовы вспыхнуть от одной искры.

Частички плотного льда, выпадающего в виде осадков из мощных кучево-дождевых облаков, называются *градом*. Град выпадает главным образом в теплое время года, в районах, где воздух достаточно влажен. Образуется он в очень мощных кучево-дождевых облаках, достигающих большой высоты — 12—14 км. Известны случаи, когда градины достигали размеров голубиных и даже куриных яиц, а в отдельных случаях они весили даже свыше килограмма. Большая градина может убить крупное животное, но и маленький град приносит много бед — уничтожает посевы, повреждает сады, огороды, виноградники. В СССР град чаще всего выпадает в Молдавии, Армении, Грузии, Азербайджане и Тад-

Из-за снежных заносов нарушается движение транспорта, телеграфная связь.

Эти фантастические скульптуры созданы обильно выпавшим инеем.

жикистане. В последние годы ученые нашли средство против града. Для рассеивания градовых туч в них с помощью снарядов и ракет запускаются химические вещества, которые не дают градине вырасти до больших размеров. В результате на Землю выпадает дождь или мелкий град.

Туман, гололед и изморозь

Туманом принято называть помутнение воздуха непосредственно над поверхностью Земли, вызываемое конденсацией водяного пара. В тумане видно только на сотни или даже на десятки метров. Обычно туманы образуются тогда, когда температура воздуха и точки росы близки. Чаще всего туман вызывается сильным охлаждением приземного слоя воздуха ночью. Охлажденный воздух оказывается перенасыщенным влагой, и водяной пар начинает выделяться в виде мелких капелек воды. Возникает туман и тогда, когда теплый влажный воздух натекает на холодную поверхность. Вызывает образование тумана и обилие в воздухе «ядер конденсации» — частичек пыли или продуктов неполного сгорания. В городах это выбросы из фабричных труб или автомобильных двигателей. Туманы приносят много забот, а порой и бед: плохая видимость ведет к авариям на транспорте, закрываются аэродромы, замедляют движение поезда и автомашины.

В настоящее время проводятся опыты по рассеиванию туманов над аэродромами.

Если в приземном слое воздуха температура отрицательная, а на какой-то высоте она близка к 0° или немного выше, идет дождь, а не снег. Переохлажденные капли дождя, падая на землю, замерзают. Смерзшиеся капли переохлажденного дождя или тумана, осаждающиеся на холодной поверхности Земли, называются *гололедом*. Образуется он при температуре у поверхности Земли от +1 до —4° и значительно реже при более низких температурах. Обычно при гололеде в воздушном слое высотой примерно в 1,5 км наблюдается некоторое повышение температуры и почти стопроцентная относительная влажность.

Гололед чаще всего возникает перед теплым атмосферным фронтом, в тумане его образование может длиться несколько суток. Лед намерзает на стенах домов, столбах, на деревьях. Иногда на проводах намерзает слой льда диаметром в несколько десятков сантиметров, причем вес льда с одного метра провода достигает килограмма. Гололед очень опасное явление: под тяжестью льда обрываются провода линий связи и электропередач, ломаются ветви деревьев. Гололед затрудняет работу всех видов транспорта, лишает скот подножного корма, приводит к выпреванию посевов.

Изморозь — это образование льда на охлажденной поверхности прямо из пара. Поэтому изморозь наблюдается при температурах ниже —5°. Различают *кристаллическую* и *зернистую изморозь*. Первая состоит из кристалликов льда, нарастающих на поверхности предметов при слабом ветре. С усилением

ветра она легко осыпается, поэтому кристаллическая изморозь чаще всего появляется в защищенных от ветра местах. Слой такой изморози достигает метра и более.

Зернистая изморозь — это снеговидный рыхлый лед, образующийся преимущественно в туманную ветреную погоду. Она может нарастать довольно долго, причем толщина ее слоя достигает нескольких десятков сантиметров. Изморозь, как и гололед, причиняет народному хозяйству большой вред. В ноябре 1966 г. в Тульской области изморозь на проводах линий электропередач достигла 10 см в диаметре. Естественно, провода провисли более чем на 2 м, а кое-где оборвались. Были разрушены даже опоры.

Мы рассказали о некоторых грозных явлениях в воздушном океане. В природе они часто наблюдаются одновременно. Например, ураганный ветер сопровождается грозой и ливнем с градом. За этими явлениями следят метеорологи и вовремя предупреждают о надвигающейся беде.

Солнечная активность и ее влияние на погоду и климат

Главный источник энергии на Земле — солнечное излучение — представляется нам постоянным и неизменным. Действительно, даже с помощью наиболее совершенных современных инструментов не удалось обнаружить каких-либо значительных изменений *солнечной постоянной*. Так называется количество лучистой энергии Солнца, поступающее к верхней границе земной атмосферы. Выражается оно в калориях за минуту на площадь 1 см^2 и равняется приближенно 2 $\frac{\text{кал}}{\text{мин} \cdot \text{см}^2}$.

Однако уже тысячи лет назад люди невооруженным глазом наблюдали изменения на Солнце — появление темных пятен. Об этом, например, свидетельствует русская летопись 1371 г., когда сквозь дым лесных пожаров были видны «на Солнце места черные акы гвозди». Еще во времена Галилея, в средние века, после первых наблюдений Солнца в телескоп, была высказана мысль о том, что солнечные пятна — это охладители и поэтому при увеличении количества пятен на Солнце температура на Земле должна падать.

Однако тогда же было обнаружено, что если солнечные пятна и влияют на погоду и климат, то неодинаково на различных географических широтах. В одних районах при увеличении числа солнечных пятен становится теплее, в других — холоднее.

Количество атмосферных осадков изменяется также по-разному. Даже в одной и той же местности солнечная активность в разные годы оказывает различное влияние на климат. Эти расхождения и даже противоречия породили сомнения: влияют ли вообще на климат и погоду процессы, происходящие на Солнце?

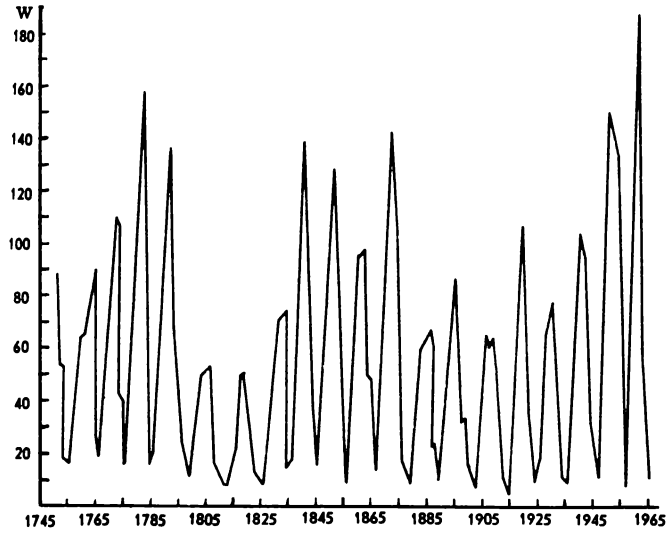
Уже в наше время благодаря исследованиям физики Солнца, изучению межпланетной среды и высоких слоев земной атмосферы, а также многочисленным специальным исследованиям климата и погоды этот вопрос несколько прояснился. Наука, которая изучает влияние солнечной активности на атмосферу Земли, погоду и климат, называется *гелиогеофизикой*, а под *солнечной активностью* подразумеваются совокупность доступных нашим наблюдениям изменений на Солнце, не считая самых мелких, не отражающихся на обычном состоянии светила.

Особое внимание ученые уделяют двум видам солнечной активности: волновому (электромагнитному) излучению Солнца и распространению в окружающем пространстве корпускул — частиц солнечного газа, находящегося в плазменном состоянии.

Суммарная величина *электромагнитного излучения* характеризуется солнечной постоянной — одной из важнейших величин в метеорологии. Подсчитано, что изменение солнечной постоянной только на 1% повлекло бы за собой заметное изменение в распределении температуры и воздушных течений на земном шаре. Современные приборы улавливают колебания солнечной постоянной до 2%. Но нет полной уверенности в достоверности этих величин, потому что все измерения производятся в условиях земной атмосферы, самое большее на высотах 50—60 км над уровнем моря (не считая все еще очень редких наблюдений с космических кораблей). Величины же излучения Солнца за пределами атмосферы получают путем расчетов.

Эти расчеты необходимо проверить наблюдениями вне атмосферы. Хорошим плацдармом для них могла бы служить Луна, лишенная атмосферы, но и

Характеристика числа солнечных пятен и их групп с 1745 по 1965 г.



там не исключены помехи: пыль, поднятая с поверхности нашего спутника, может затемнить Солнце, толчки от падения метеоритов могут вызвать отдельные скачки в показаниях приборов и т. д.

Наиболее надежный путь — устройство обсерваторий на долговременных орбитальных станциях, важные шаги к созданию которых предприняты в нашей стране.

Помимо суммарной величины солнечного излучения изучаются качественные и количественные характеристики отдельных областей его спектра: рентгеновская, ультрафиолетовая, видимая, инфракрасная, радиоизлучение. Особенный интерес для гелиогеофизики представляет ультрафиолетовая область спектра.

Ультрафиолетовые лучи поглощаются почти полностью в высоких слоях атмосферы. Одно из важнейших их свойств — фотохимический эффект. Он и вызывает образование озона на высотах 30—40 км. Ультрафиолетовые лучи — непостоянная часть солнечного излучения (что, однако, практически не сказывается на солнечной постоянной). Резко увеличивается ультрафиолетовое излучение при хромосферных вспышках на Солнце — одном из самых ярких проявлений солнечной активности. Усиленный приток ультрафиолетовых лучей вызывает и интенсивное образование озона. Озон, хорошо поглощающий солнечные лучи, нагревается. Это отражается и на воздушных течениях в более низких слоях атмосферы, следовательно, и на погоде. Очевидно, это одна из форм влияния изменений волнового излучения Солнца на атмосферу Земли.

Корпускулярная активность Солнца также неоднородна по составу частиц и их свойствам. Солнце — источник непрерывного истечения газовых частиц — корпускул, образующих так называемый солнечный ветер, потоки которого попадают и на нашу Землю. На фоне этого сравнительно однообразного потока частиц время от времени возникают мощные выбросы корпускул, которые при определенном взаимном расположении Солнца и Земли достигают нашей планеты. Время, за которое эти потоки корпускул пробегают расстояние до нашей планеты, измеряется от нескольких суток до нескольких часов и менее, в зависимости от энергии частиц.

Корпускулярные потоки различаются не только своей скоростью, но и плотностью, т. е. содержанием частиц в объеме пространства, частотой и регулярностью возникновения, а также по очагам на Солнце, откуда они выбрасываются, и по магнитным полям, которые они уносят с собой. Магнитные поля корпускулярных потоков взаимодействуют с магнитными полями космоса и Земли, что сильно отражается на движении этих потоков. Установлено, что часть корпускул движется по силовым линиям магнитного поля Земли в направлении к геомагнитным полюсам, вызывая полярные сияния, геомагнитные бури и нарушения радиосвязи. Эти геофизические явления, происходящие в высоких слоях атмосферы Земли, поддаются непосредственным измерениям приборами.

Труднее выяснить, как влияют потоки корпускул на нижние слои атмосферы, куда они непосредственно не проникают. Здесь к сложности явлений на Солнце, в межпланетной среде и околоземном пространстве присоединяется еще бóльшая сложность явлений в самой атмосфере Земли, где возникают циклоны и антициклоны, борются теплые и холодные течения. Эти сами по себе сложные процессы переплетаются еще с влиянием географической широты, распределением материков и океанов, а в разные сезоны закономерности атмосферных процессов меняются, порой перестраиваясь на противоположные.

Тем не менее некоторые ученые делают выводы о влиянии потоков корпускул на нижние слои атмосферы. Они считают, что в результате корпускулярных вторжений усиливаются воздушные течения меридионального направления: теплые течения с юга с еще большей энергией устремляются в высокие широты, а холодные течения, несущие арктический воздух, глубже проникают на юг, при этом атмосфера становится более неспокойной, или, как говорят специалисты, «возмущенной». Когда же нет корпускулярных вторжений, воздушные течения сравнитель-

но спокойно движутся с запада на восток, т. е. в широтном направлении.

Мы рассказали об отдельных проявлениях солнечной активности: о появлении солнечных пятен, о хромосферных вспышках и корпускулярных потоках. Замечательна закономерность, с какой наступают эти явления. Давно уже была обнаружена 11-летняя периодичность появления солнечных пятен. Но периодичность эта не строгая, поскольку каждая «волна» не копия предыдущей; такие неточные периоды называются *циклами*. Тем не менее закономерность чередования большого и малого количества солнечных пятен несомненна. 11-летней цикличности подчинены и другие проявления солнечной активности.

Очень ярко обнаруживается эта цикличность в частоте полярных сияний и геомагнитных возмущений. Высказывается предположение, что и сама солнечная постоянная меняется в рамках 11-летнего цикла.

Появление солнечных пятен не считается самым точным показателем солнечной активности, и их отсутствие еще не означает, что Солнце спокойно. Очень важно, что солнечные пятна легко наблюдать и сведения о них уже накоплены за длительное время. Это дает возможность проследить влияние солнечной активности не только на погоду, но и на климат в течение многих лет. Если цикл солнечной активности продолжается 11 лет, то естественно предположить, что и метеорологические элементы — давление, температура, влажность воздуха, атмосферные осадки и другие — тоже должны изменяться каждые 11 лет. Действительно, такая периодичность обнаруживается, но далеко не всегда, не по всем климатическим элементам, не во всех географических районах, не для всех месяцев. Возможно, проследить влияние солнечных циклов мешает сложность развития самих атмосферных процессов, о чем мы уже говорили. Во всяком случае, лишь очень редко кривые многолетнего хода климатических элементов напоминают кривую хода солнечных пятен, но все-таки, по-видимому, такое сходство не случайно.

К особенностям климата, зависящим от солнечной активности, относятся такие исключительно важные явления, как суровые зимы или жестокие засухи.

Кроме 11-летних циклов солнечной активности и климатических элементов обнаружены и другие циклы.

Особенно важны 22-летний и 80—90-летний. Это также подтверждает связь климата с процессами на Солнце.

Дальнейшее развитие исследований космоса и атмосферы Земли даст ответ на не решенный еще вопрос: как именно солнечная активность, ее отдельные вспышки и длительные изменения воздействуют на климат и погоду? Такой ответ необходим для обоснования прогноза многолетних изменений климата.

Климат и его роль в жизни человека

Всем хорошо известно непостоянство погоды. От ее капризов зависит урожай сельскохозяйственных культур, условия развития животноводства, работы морского, воздушного и железнодорожного транспорта и, наконец, самочувствие человека.

Наука установила причины такой изменчивости погоды. Она зависит не только от притока к Земле солнечного тепла, от потери Землей части этого тепла в мировое пространство, но и от разнообразных воздушных течений, которые возникают в атмосфере и приводят к образованию циклонов и антициклонов. Это они и вызывают неожиданные изменения погоды. Общий характер погоды во многом зависит от того, как часто наблюдаются циклоны и антициклоны и какие воздушные течения проходят через данную местность. Поэтому и говорится, что «год на год не приходится».

На погоду и климат помимо притока солнечного тепла и воздушных течений сильно влияет и характер поверхности. Известно, что погода в районе большого города (например, в Москве) заметно отличается от погоды на берегу крупных водохранилищ (например, Химкинского) или внутри больших лесных массивов, расположенных рядом. Действительно, в ясный летний день в городе бывает очень жарко от сильно нагретых асфальтированных улиц, стен и крыш зданий; кроме того, городской воздух часто оказывается запыленным. На берегу же водохранилища и в густом лесу мы ощущаем приятную прохладу и наслаждаемся чистотой воздуха. К тому же

в лесу листва деревьев защищает нас от прямых солнечных лучей.

Некоторые особенности погоды, свойственные какому-либо району, очень устойчивы. Так, например, как бы ни изменялось атмосферное давление, на возвышенных местах оно всегда ниже, чем на низменных. В приморских районах нижние слои атмосферы обычно содержат несравненно больше частиц морской соли, чем воздух в континентальных районах. В лесном воздухе всегда значительно больше выделяемых растениями летучих веществ, обладающих способностью уничтожать вредные бактерии, чем в воздухе безлесных местностей. Летом воздух в пустыне значительно суше, чем в оазисах. Поэтому, как бы ни были разнообразны изменения погоды, они все же зависят от района и времени года. Определенный режим погоды, свойственный данному району, его климат можно проследить лишь в течение многолетних наблюдений.

В отличие от погоды, которая непрерывно меняется на протяжении небольшого отрезка времени, климат района изменяется незначительно, так как основные причины его образования (если не учитывать активного вмешательства человека) не меняются на протяжении сотен лет.

Сравнительная устойчивость климата объясняется тем, что количество солнечного тепла, получаемого Землей, почти постоянно из года в год. Существенно не изменяется и сама земная поверхность с ее материками и океанами, горами и равнинами на суше, холодными и теплыми течениями в морях и океанах.

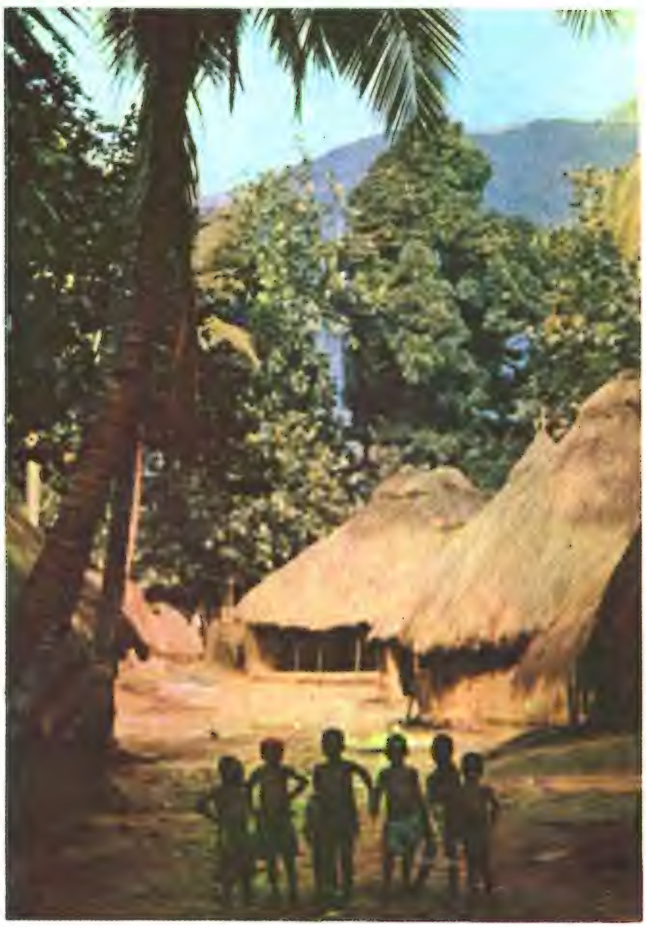
Воздушные течения в атмосфере, хотя и отличаются большим многообразием и изменчивостью, имеют свои закономерности, проявляющиеся на протяжении длительного времени.

Как изучают климат

Составить представление о климате района можно только на основании обобщения сведений о погоде, накопившихся за много лет. Предположим, что на какой-то метеорологической станции на протяжении многих лет ведутся наблюдения за отдельными элементами погоды: температурой, давлением, ветрами, влажностью. На основании записей о результате этих наблюдений можно изучить характер изменения наиболее важных, отдельно взятых свойств погоды. Так, например, можно выписать подряд изо

Человек издавна приспосабливался к различным климатическим условиям.

Если на севере жилище спасало человека от холода, то в тропиках укрывало от палящих лучей солнца.



дня в день все отмеченные в январе значения температуры воздуха. Затем можно найти их наименьшее и наибольшее значения, можно также рассчитать среднюю температуру для данного месяца. То же самое можно сделать и для других метеорологических элементов: влажности воздуха, скорости ветра и пр. Найденные средние величины, а также крайние значения метеорологических элементов довольно хорошо характеризуют основные черты климата. На основании средних величин были построены карты распределения важнейших метеорологических элементов по земному шару и составлены описания климатов многих районов, созданы климатические справочники. Раскрыв такой справочник, вы можете узнать средние температуры воздуха для любого месяца, получить представление о количестве выпадающих осадков, о преобладающем направлении ветра.

Знания об отдельных элементах климата не только интересны, но и полезны для многих отраслей народного хозяйства. Например, при планировке и строительстве городов необходимо знать преобладающее направление ветра: это позволит так расположить промышленные предприятия, чтобы они не загрязняли воздух жилых кварталов дымом и копотью. Основное направление ветра учитывается также при устройстве на аэродромах полос для посадки и взлета самолетов. При закладке фундаментов зданий или прокладке линий подземных коммуникаций (например, водопроводных труб) необходимо учитывать температурный режим почвы, чтобы заложить трубы ниже слоя зимнего промерзания. Представление о том, как часто наблюдаются зимой очень низкие температуры воздуха, важно при расчете и выборе конструкций зданий.

Однако при характеристике климата недостаточно учитывать только влияние какого-либо отдельно взятого метеорологического элемента. Важно иметь представление о погоде в целом. Вот простой пример. Тепловое ощущение в тени зависит не только от температуры, но и от влажности воздуха, а также скорости ветра.

Известно, что высокие температуры довольно хорошо переносятся при сухом воздухе и ветре, а морозы при высокой влажности воздуха и ветре переносятся хуже. Смена дня и ночи также влияет на элементы погоды, между тем средние их значения суточных изменений не отражают. Все это заставило искать пути, чтобы иметь возможность характеризовать погоду в целом. Такой способ, основанный на выделении типов погоды, был разработан советскими учеными во главе с членом-корреспондентом Е. Е. Федоровым.

Типы погоды

Погода очень многообразна. Но все же ее можно как-то классифицировать. Различают три основные группы погоды: 1) безморозную, 2) с переходом температуры воздуха через 0°, 3) морозную. Эти группы объединяют 16 классов погоды, выделенных по их значению для человека и для некоторых видов его практической деятельности.

Безморозной называют такую погоду, при которой не только средняя суточная, но и минимальная температура воздуха бывает выше 0°. В группе безморозной погоды по температуре и относительной влажности воздуха, по облачности, наличию или отсутствию осадков и по силе ветра выделяются следующие классы погоды: I — солнечная, очень жаркая и очень сухая; II — солнечная, жаркая, сухая; III — солнечная, умеренно влажная и влажная; IV — днем облачная; V — ночью облачная; VI — пасмурная; VII — дождливая; XVI — очень жаркая и очень влажная.

У погоды с переходом температуры воздуха через 0° максимальная температура воздуха за сутки бывает положительной, а минимальная — отрицательной. В этой группе различают погоды двух классов: VIII — с облачным днем и IX — с ясным днем.

В морозную погоду в течение всех суток температура воздуха бывает ниже 0°. Она подразделяется на такие классы: X и XI — слабо и умеренно морозная; XII — значительно морозная; XIII — сильно морозная; XIV — жестоко морозная и XV — крайне морозная.

Кроме того, внутри всех перечисленных классов различают погоду с ветром и без ветра.

Если на метеорологической станции каждые сутки вести наблюдения за погодой, стараясь отнести ее к соответствующим группам и классам, а результат записывать на отдельную небольшую карточку, то за много лет (например, за 10 или 20) мы получим каталог погоды. С помощью карточек такого каталога очень просто подсчитать, как часто наблюдалась та или иная погода в тот или иной месяц года. Если для подсчета используется вычислительная техника — данные о погоде с карточки каталога наносят на перфокарту. Результаты такого подсчета или структуру климата в погодах для наглядности показывают на графиках. Построить и прочесть такие графики нетрудно. На них по горизонтали показываются месяцы года, с января по декабрь, а по вертикали (в процентах) указывается, как часто в данном месяце наблюдалась та или

иная погода. Продолжительность каждого месяца принимается за 100%; нетрудно догадаться, что 10% соответствуют примерно 3 дням, а 3,3% — одному дню. Каждый класс погоды показан на графике разным цветом, и можно проследить, в какое время года наблюдается данная погода, как часто она повторяется в этот период или в какой-либо месяц. Кроме того, в нижней части рисунка можно графически показать годовой режим отдельных элементов климата: количество осадков, средних, максимальных и минимальных температур, средняя суточная относительная влажность и т. д.(см. стр. 220)

Для того чтобы на основании графиков делать практические выводы, надо знать, как та или иная погода влияет на человека и на некоторые виды его деятельности.

Роль погоды и климата в жизни человека

Теперь мы расскажем об особенностях основных классов погод.

I. Солнечная, очень жаркая и очень сухая погода (ее нередко называют суховейно-засушливой) чаще всего возникает в пустынях Средней Азии, где она удерживается почти каждый день в течение всего лета. Огромное количество солнечного тепла, которое получает пустыня в летние месяцы, нагревает поверхность Земли и приземный слой воздуха, при этом поверхность грунта настолько суха, что на испарение воды тепло практически не расходуется. Но там, где среди пустыни встречаются напоенные влагой рек оазисы, испарение велико и поэтому суховейно-засушливая погода наблюдается реже. Здесь несколько понижается температура и увеличивается влажность воздуха. Такая же погода типична для прибрежных районов Каспия, Арала и дельты Волги, встречается она и севернее — в степных и лесостепных районах. Суховейно-засушливая погода крайне неблагоприятна для многих культурных растений, выращиваемых на неполивных землях. Длительная засуха пагубна и для животноводства: на пастбищах выгорает трава, высыхают источники. Повышается опасность лесных и степных пожаров. Высохшая почва легко развевается ветром, что нередко приводит к пыльным бурям.

II. Солнечная, жаркая и сухая (умеренно засушливая) погода в пустыне обычно наблюдается в конце весны и в начале осени, а в степных и лесостепных районах — в летние месяцы.

Если умеренно засушливая погода удерживается недолго, то даже в степных районах она не опасна для полевых культур; будучи же продолжительной, она вызывает засуху. Человек в такую погоду, за редким исключением, ощущает приятное тепло.

III. Солнечная, умеренно влажная и влажная (незасушливая) погода отличается от умеренно засушливой главным образом более высокой относительной влажностью (60—80%) и несколько меньшими температурами. Такая погода возникает при антициклонах в южных засушливых областях — пустынях и полупустынях — ранней весной и поздней осенью, в степях — чаще во второй половине весны и первой половине осени. Севернее степи она наблюдается в течение всего теплого периода. Погода благоприятна для роста и развития растений, которые получают в дневные часы достаточно тепла и света.

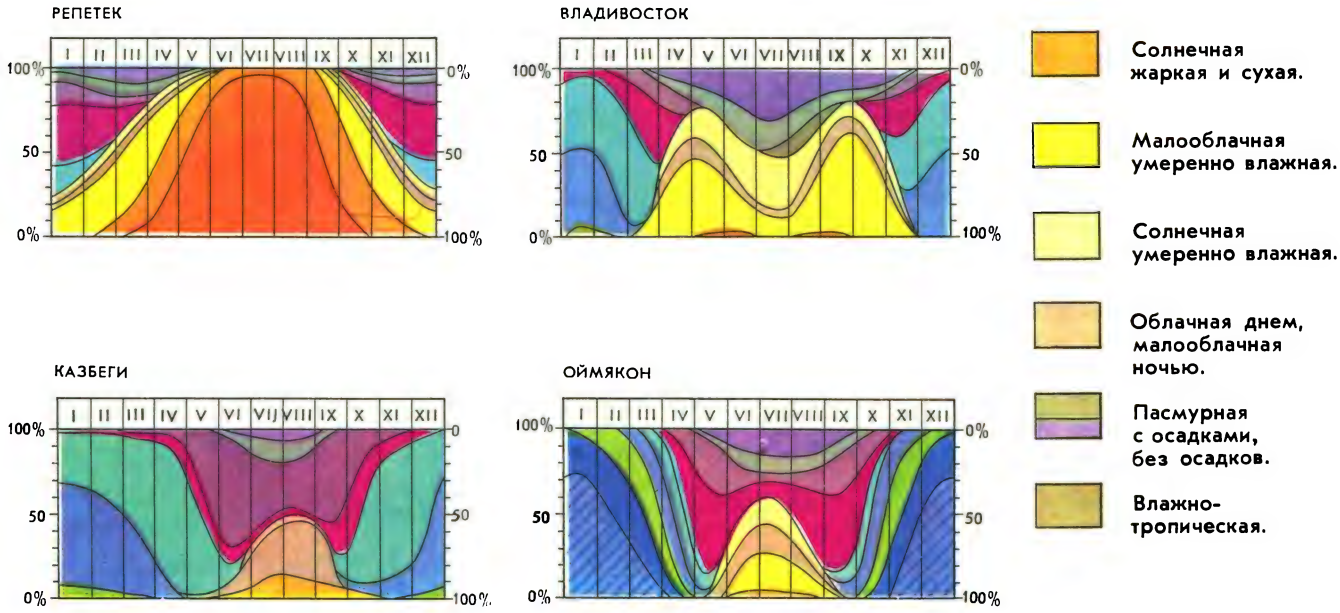
IV. Облачная днем (и малооблачная ночью) погода возникает в результате двух процессов: при прогревании однородной воздушной массы или при прохождении фронта в дневное время. В первом случае, чаще всего в середине дня, возникают лишь облака, не дающие осадков (кучевые облака хорошей погоды), но может и разразиться ливень, сопровождаемый грозой. Во втором случае ливневые осадки с грозой — уже правило, а не исключение. Облачная погода днем особенно типична для лета в лесостепной и лесной зонах. Ее образованию благоприятствует неодинаковая температура поверхности Земли, например чередование лесов и полей, болот и суходолов, обилие оврагов и балок, повышенные формы рельефа.

V. Погода с ночной облачностью (с осадками или без осадков) чаще всего бывает при прохождении циклона и особенно характерна для приморских районов умеренных и южных широт Советского Союза. Эта погода в общем благоприятна для деятельности человека. Весной она хороша и для растений: заморозки при ней мало вероятны, а количество солнечного тепла почти такое же, как и при погоде III класса.

VI. Пасмурная погода (без дождя) в лесной и степной зонах наблюдается осенью и весной, реже летом, а в зоне пустыни она бывает в течение холодного полугодия. Испарение при такой погоде невелико. В тайге при частом повторении она неблагоприятна для некоторых растений, так как уменьшает солнечное тепло, достигающее земной поверхности.

VII. Дождливая погода, когда в течение большей части суток небо закрыто облаками и выпадают осадки, чаще всего бывает при прохождении цикло-

Структура климата в погодах.



на. Она — нередкий гость в теплое время года на севере, западе и востоке страны. На юге она образуется местами, в зависимости от особых условий, особенно при соседстве моря и гор, например в районе влажных (Колхида) и умеренно влажных субтропиков (Ленкоранская низменность). В дождливую погоду уровень воды в реках повышается, случаются наводнения. В горах дожди способствуют быстрому таянию снега и ледников, образуются грязевые потоки — сели. Такая погода затрудняет уборку сельскохозяйственных культур и движение транспорта на грунтовых дорогах. Сказывается она даже на современной авиации.

XVI. Очень жаркая и очень влажная (влажно-тропическая) погода возникает летом при избытке тепла и влаги в районах влажных и умеренно влажных субтропиков. Она характерна также для муссонного климата юга Приморского края. Изредка такая погода наблюдается и в районах со средиземноморским типом климата — на Южном берегу Крыма и на севере Черноморского побережья Кавказа (на участке Туапсе — Анапа). Влажная тропическая погода трудно переносится человеком при многих заболеваниях. Однако она хороша для субтропической растительности, например для выращивания чайного куста.

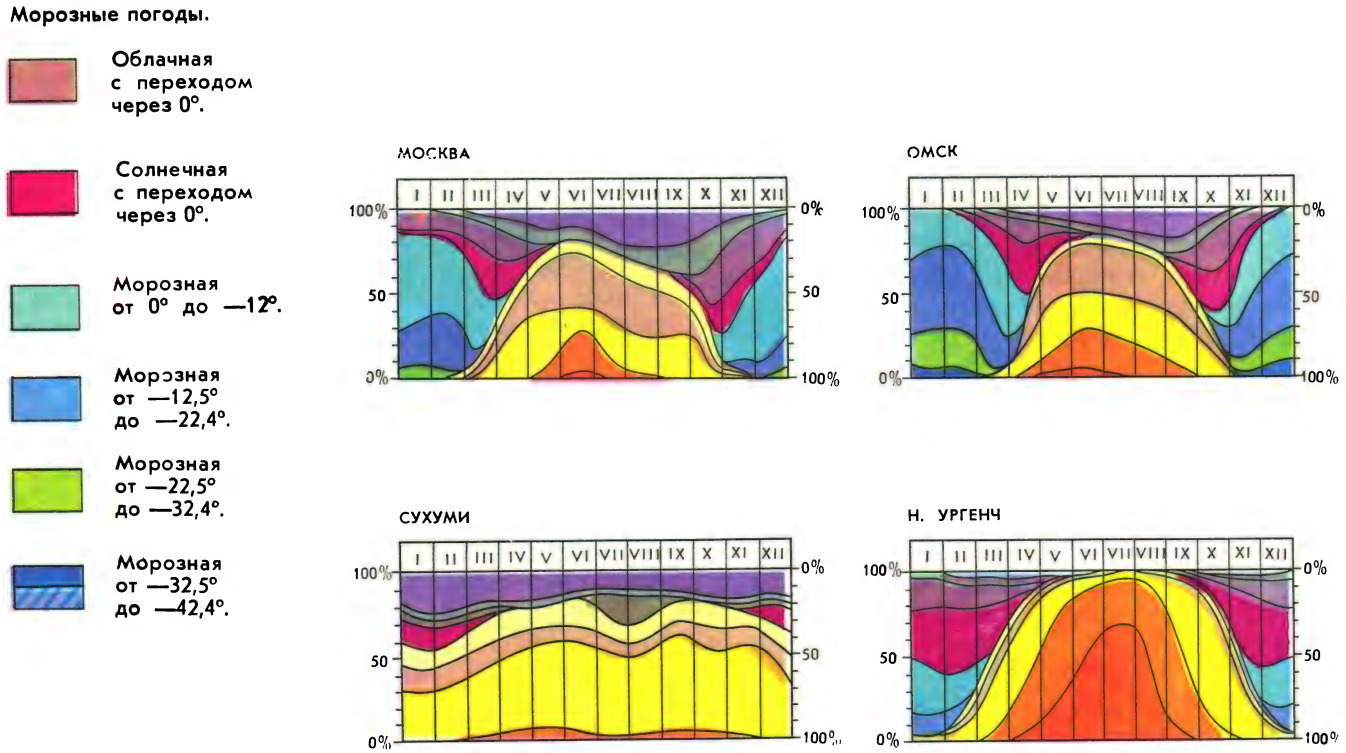
VIII—IX. Погода с переходом температуры воздуха через 0° зимой довольно часто наблюдается в западных и южных районах страны. Весной и осенью она типична для умеренных широт, а летом — для арктической тундры. При такой погоде грунтовые дороги бывают тверды ночью и размокают днем. Она создает благоприятные условия для образования ледяной корки в снежном покрове и может повести к гололедице. На горных реках она вызывает дневные паводки. Если такая погода сопровождается солнечным днем (IX), что нередко бывает на юге (на равнине и в горах на высоте 1000—2000 м), то при ней создаются исключительно хорошие условия для лечения многих болезней.

X—XV. Морозную погоду при ветре человек переносит плохо, однако слабо (X) и умеренно (XI) морозные погоды с солнечным днем и затишьем благоприятны для зимнего спорта и климатотерапии. Чем значительнее потеря Землей тепла в мировое пространство, тем вероятнее образование погоды повышенной морозности, вплоть до крайне морозной погоды, нередко образующейся в Восточной Сибири. Для такой погоды необходимы особо теплая одежда и утепление жилья. При сильном ветре в отдельных случаях невозможно работать на открытом воздухе.

Климатические особенности географических поясов

В чем же состоят важнейшие особенности климата наиболее крупных природных зон?

В экваториальном поясе большой поток солнечного тепла не только приводит к сильному нагреванию воздуха, но и создает здесь область понижен-



ного давления. В связи с этим у Земли возникают устойчивые воздушные течения, направленные в обоих полушариях к экватору,— пассаты. Вблизи же самого экватора на протяжении всего года удерживаются слабые ветры переменного направления. Слабые ветры, правильное чередование дня и ночи, обилие солнечного тепла, существенно не изменяющееся в течение года, преобладание океанических пространств над сушей — все это и определяет важнейшие черты климата экваториального пояса. Средние месячные температуры воздуха колеблются в пределах 25—28° и лишь в редких случаях в отдельные дни поднимаются выше 30°. Это объясняется тем, что большое количество солнечного тепла здесь затрачивается на испарение воды с поверхности океанов и с пышных и влажных тропических лесов. Различие между дневной и ночной температурами обычно составляет не более 5—10°, причем и ночью термометр, как правило, не опускается ниже 20°. Днем обычно возникают кучево-дождевые облака, выпадают ливни, нередко с грозой. Из-за чрезмерной духоты люди стараются устраивать свои поселения в горах, поднимаясь при этом иногда до значительных высот: 2000—3000 м.

К югу и северу от экватора климат изменяется. Здесь тропический лес переходит в саванны или тропическую лесостепь. Чередование влажных и засушливых периодов в саваннах связано с изменением высоты Солнца над горизонтом и с муссонными ветрами. Поэтому сезонные особенности в климате саванны выражены более ярко, чем в экваториальном поясе.

В зоне субтропических антициклонов, опоясывающих земной шар вблизи широты 30°, чаще всего стоит сухая и жаркая погода. В этих широтах образовались пустыни, например Сахара — в Северном полушарии, Австралийская пустыня — в Южном. Здесь суточные и сезонные колебания температуры еще более значительны, чем в саванне. Однако в этих широтах большие массивы суши нередко граничат с обширными морскими пространствами и летняя засуха смягчается муссонными ветрами, которые несут с океана на сушу ливневые дожди. А над южными районами Индии осадки особенно интенсивны из-за высоких Гималайских гор. Дождей здесь выпадает до 10 тыс. мм в год, а в Черапундже даже несколько больше.

Для климата средних широт характерно еще большее различие его сезонных особенностей, причем все четыре основных сезона года выражены очень ярко. Температурные контрасты между зимой и летом особенно велики в континентальных районах (например, в Якутии), где средняя годовая амплитуда температуры воздуха доходит до 60° и более.

В зависимости от разного количества выпадающих осадков здесь образовались лесные, лесостепные, степные и пустынные ландшафты.

В высоких широтах часты морозные погоды, продолжительная полярная ночь. Здесь человек испытывает острый недостаток естественного ультрафиолетового облучения, который необходимо восполнять искусственным. Большое значение в этом климате приобретает рациональное питание. Еда должна быть калорийной и богатой витаминами.

Оболочка жизни

Значение биосферы

Та часть литосферы, гидросферы и атмосферы Земли, в которой существуют и развиваются растительные и живые организмы, называется *биосферой*. В ее состав входят не только растительный покров и животное население планеты, все реки и озера, водная масса океанов, но и почвенный слой, значительная часть тропосферы и самый верхний слой земной коры — зоны выветривания. На земной поверхности практически нет площадей, где отсутствует жизнь. Даже в жарких и безводных тропических пустынях или на поверхности высокогорных ледников и полярных льдов обнаружены микробы и другие микроорганизмы.

Понятие «биосфера» в современном его содержании было выдвинуто и всесторонне обосновано выдающимся русским ученым *В. И. Вернадским* (1863—1945). Он доказал, что вся совокупность живых организмов, обитавших и обитающих на Земле, играет огромную роль в ее геологической эволюции, а также во всех современных физических и химических процессах, протекающих на земной поверхности и в водной толще океанов. На первый взгляд кажется трудно представить столь большую роль «живого вещества». Ведь доля всей совокупности живых организмов не только в общей массе Земли, но даже в пределах ее современной биосферы ничтожна, лишь 0,25%. Кроме того, все живое вещество Земли и ранее и сейчас сосредоточено в очень узкой части пространства, прилегающего к земной поверхности. Ведь по вертикали биосфера измеряется сотнями метров или несколькими километрами, что ничтожно мало по сравнению с мощностью других оболочек Земли — атмосферы и литосферы, достигающих десятков и сотен километров.

И тем не менее высказанные В. И. Вернадским взгляды о ведущей роли живого вещества в образовании современного химического состава атмосферы, гидросферы и части литосферы, или земной коры, получили разностороннее подтверждение всем ходом развития науки. Эта роль обусловлена очень высокой геохимической активностью живых организмов: они способны усваивать солнечную энергию и на ее базе непрерывно в процессе фотосинтеза образовывать из простых веществ, имеющихся на Земле, соединения значительно более высокой сложности. Деятельность живых организмов на земной поверхности кладет начало разнообразным цепочкам физико-химических превращений веществ — распаду, трансформации и синтезу, происходящих в биосфере. В результате этих превращений формируются «биокосные природные тела» — так В. И. Вернадский предложил называть земные образования, которые сейчас и в геологическом прошлом сформи-

ровались под прямым или косвенным влиянием живых организмов. А вот объемы «биокосных природных тел», их значение уже вполне позволяют даже количественно сопоставить биосферу с другими земными оболочками.

В течение миллиардов лет живое вещество на Земле использовало и трансформировало в ходе образования биокосных тел колоссальное количество солнечной энергии. Довольно значительная часть этой энергии оказалась непосредственно погребенной в недрах Земли — в различных полезных ископаемых органического происхождения — углях, вероятно, нефти и др. Однако еще бóльшая часть была использована для формирования в геологическом прошлом Земли огромных масс различных горных пород биокосного происхождения — от осадочных известняков до, возможно, метаморфических гранитов, а также накопления огромных масс солей, растворенных в воде океанов, и, наконец, кислорода, входящего в состав земной атмосферы. Все эти природные тела или их компоненты, по выражению В. И. Вернадского, прямые и косвенные следы существования многих «былых» биосфер.

Однако важная роль учения о биосфере не ограничивается раскрытием роли живого вещества в ходе геологической эволюции Земли. Не менее велико его значение для углубленного понимания общих закономерностей современных природных процессов, протекающих на земной поверхности. Особенно плодотворны ее возможности в изучении взаимных связей разнообразных естественных процессов и единства происхождения сложных современных природных тел.

С этой точки зрения очень показательна весьма тесная преемственность научных представлений В. И. Вернадского о биосфере с учением о зонах природы, которое было выдвинуто в конце XIX в. русским ученым *В. В. Докучаевым*. Дальнейшее развитие этого научного направления можно проследить в более поздних теоретических работах крупных советских географов: *А. А. Григорьева* — о роли балансов тепла и влаги для определения уровней биологической продуктивности различных природных зон, а также *Л. С. Берга* и особенно *В. Н. Сукачева* — о естественных природных комплексах — ландшафтах, или *геобиоценозах*. Эти последние элементарные единицы, выделяемые при изучении природной среды как единого целого, можно рассматривать как исходные «клетки», т. е. основные структурные элементы, слагающие биосферу. В последнее время именно такой подход к изучению окружающей нас природной среды, ее изменения и преобразования под воздействием человека усиленно развивается в мировой науке, при этом за рубежом для обозначения таких «клеток» различного масштаба чаще используют понятие об экосистемах, причем различают природные экосистемы и экосистемы искусственные, созданные человеком в ходе преобразования естественной биосферы.

Все последующие статьи этого раздела, посвященные оболочке жизни, т. е. биосфере Земли, познакомят читателя с этими важными проблемами.

Как развивалась жизнь на Земле

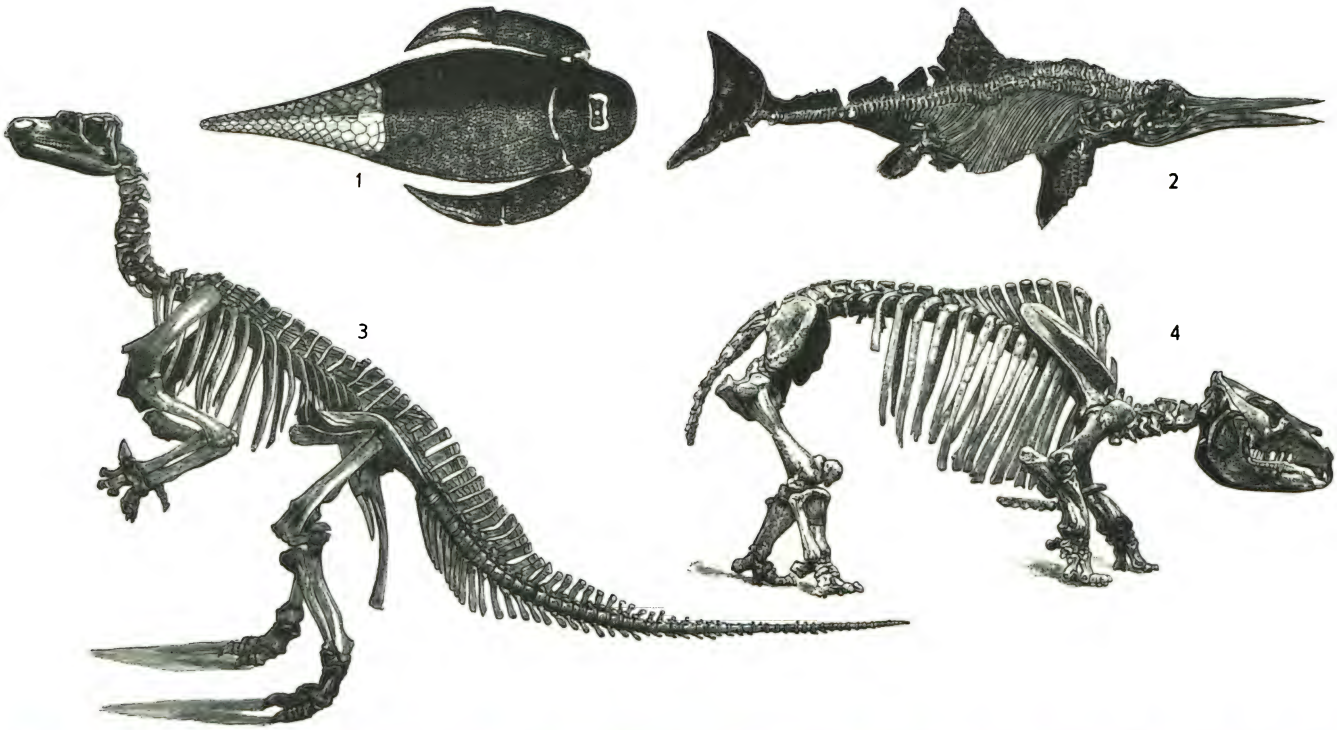
Наш рассказ будет о том, что было на Земле задолго до появления человека, какой тогда была Земля, как развивалась на ней жизнь.

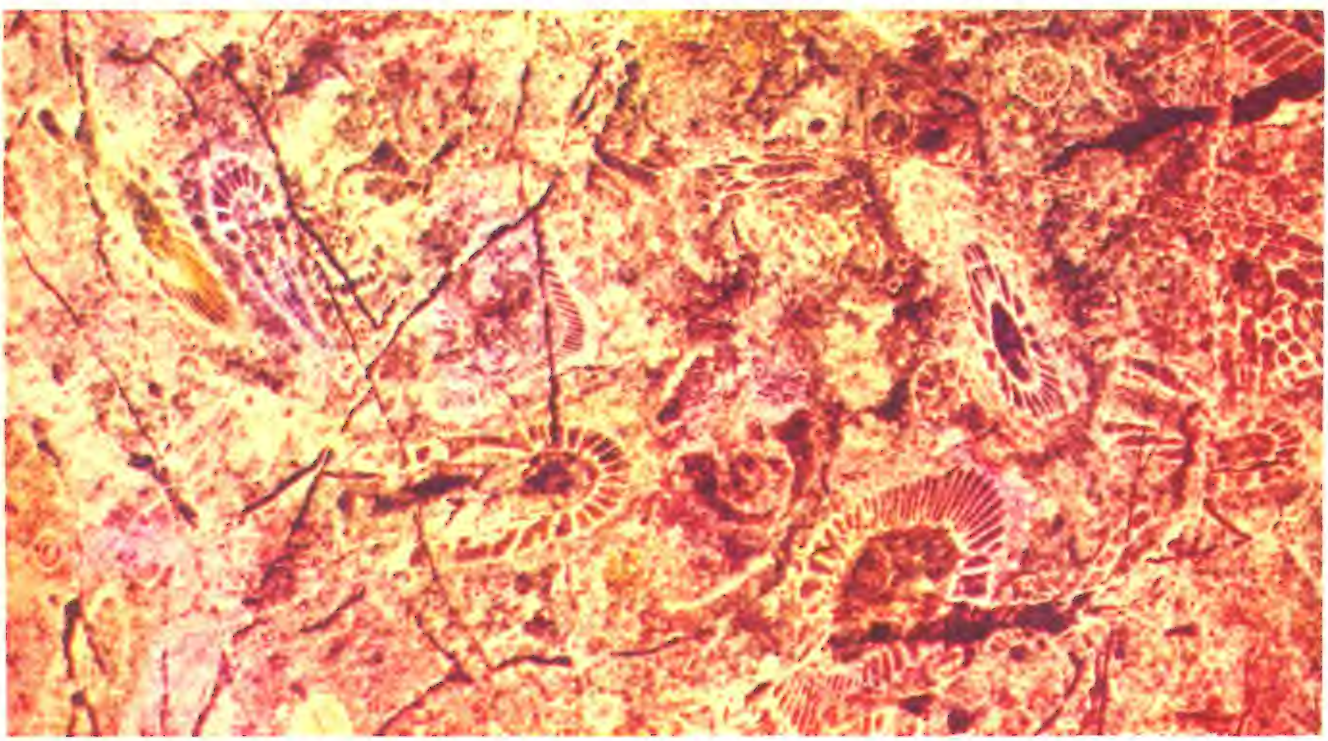
Историю человеческого общества, народов, государств можно изучать, исследуя исторические документы и предметы материальной культуры (остатки одежды, орудий, жилищ и т. п.). Исследователь истории жизни на Земле тоже нуждается в документах. Земные недра — вот тот архив, в котором сохранились «документы» прошлого Земли и жизни на ней. В земных пластах сохранились остатки древней жизни. Здесь можно найти следы капель дождя и волн, работы ветров и льда. По отложениям горных пород можно восстановить контуры древних морей, рек, болот, озер и пустынь. В недрах Земли находим мы и остатки организмов.

Когда-то, попав в реку или море, эти остатки покрывались илом, песком, глиной, пропитывались солями и таким образом навеки окаменевали. В дельтах рек, прибрежных зонах морей, озерах находят порой крупные скопления ископаемых организмов, образующие громадные палеонтологические «кладбища». Однако ископаемые не всегда бывают окаменелыми, встречаются остатки растений и животных (особенно живших сравнительно недавно), которые изменились незначительно. Например, трупы мамонтов, живших несколько тысяч лет назад, находят иногда в вечной мерзлоте полностью сохра-

В слоях песка, ила и глины тысячелетиями сохраняются остатки животных и растений — окаменелости. Сравнивая окаменелости разных слоев, мы можем узнать, какие животные жили на нашей Земле в давно минувшие времена.

1. Панцирная рыба.
2. Отпечаток ихтиозавра.
3. Скелет ящера.
4. Скелет ископаемого носорога.





нившимися. Но чаще всего от древних животных остаются только скелеты, отдельные кости, зубы, раковины, а от растений стволы деревьев, листья или отпечатки их на камнях. По остаткам организмов можно сказать, какие это были существа, где и как они жили и почему вымерли или изменились.

Ученые могут по скелету и другим сохранившимся частям животного (коже, мускулам, некоторым внутренним органам) восстановить не только его облик, но и образ жизни. Даже по части скелета (челюсти, черепу, костям ног) позвоночного животного можно сделать научно обоснованное заключение о строении животного, образе его жизни, о ближайших родственниках как среди ископаемых, так и среди современных животных.

Непрерывность развития организмов на Земле — основной закон биологии, открытый Ж. Ламарком и Ч. Дарвином. Чем древнее животные и растения, населявшие Землю, тем они проще устроены. Чем ближе к нашему времени, тем организмы становятся сложнее и все более похожими на современных.

По данным палеонтологии и геологии, история Земли и жизни на ней разделена на пять эр, каждая из них характеризуется определенными организмами, преобладавшими на протяжении этой эры. Каждая эра разделяется на несколько периодов, а период в свою очередь — на эпохи и века. Науке известно несколько способов определения возраста древних пластов, а следовательно, и времени существования тех или иных ископаемых организмов. Период их существования был определен разными способами (см. ст. «Как определяют возраст Земли и горных пород»).

Как уже было указано, эра, в которой мы живем, называется *кайнозойской* — эрой новой жизни. Ей предшествовали *мезозойская* (эра средней жизни) и *палеозойская* (эра древней жизни). Самые древние эры — *протерозойская* и *архейская* (см. таблицу на стр. 74).

Океаны и моря — колыбель жизни на Земле

От конца архейской эры нас отделяет 3 млрд. лет. В слоях осадочных горных пород, накопившихся на протяжении этой эры, не обнаружено остатков организмов. Но бесспорно, что живые существа тогда уже были: в отложениях архейской эры найдены скопления известняка и графита, которые могли образоваться в результате деятельности живых существ. Кроме того, в слоях следующей, протерозойской эры обнаружены остатки уже довольно сложных организмов — водорослей и различных морских беспозвоночных животных. Какими же были эти древнейшие обитатели Земли, остатки которых не сохранились до наших дней?

Академик *А. И. Опарин* и другие ученые считают, что первые живые существа на Земле представляли собой микроскопически малые комочки живого вещества или плазмы еще без дифференциации функций отдельных частей клетки. Они возникли из неживой материи в результате длительного и сложного процесса развития. Первые организмы не были ни растениями, ни животными. Тела они имели мягкие, непрочные, быстро разрушавшиеся после смерти. Поэтому ни следов, ни остатков древних организмов сохраниться до наших дней не могло.

Проходили миллионы лет. Строение первых одноклеточных существ все более усложнялось, совершенствовалось, организмы приспосабливались к постоянно изменяющимся условиям существования, что обусловило их многообразие, разграничение функций клеток и их частей. Например, возникли примитивные мельчайшие организмы — *бактерии*, теперь широко распространенные на Земле.

В процессе развития у некоторых древних одноклеточных организмов выработалась способность поглощать световую энергию, за счет которой они разлагали углекислоту и использовали освобождающийся углерод для построения своего тела. Так возникли простейшие растения — *сине-зеленые водоросли*, остатки которых обнаружены в древнейших осадочных отложениях.

В теплых водах лагун обитали бесчисленные одноклеточные организмы — *жгутиковые*. Они совмещали растительные и животные способы питания, т. е. на свету они способны к фотосинтезу, а в темноте — к питанию органическими веществами. Их представитель — зеленая эвглена, — вероятно, вам известен. От жгутиковых возникли различные более высокоорганизованные растительные организмы: многоклеточные водоросли — красные, бурые и зеленые, а также грибы.

Другие первобытные существа, которые приобрели, как и грибы, способность питаться органическими веществами, созданными растениями, дали начало животному миру. Родоначальниками всех животных считают одноклеточные организмы, похожие на амеб. От них возникли *фораминиферы, радиолярии* с кремневыми ажурными скелетами микроскопических размеров и *инфузории*.

Происхождение многоклеточных организмов — одна из интереснейших научных проблем. Очевид-

Этот трилобит жил около 500 миллионов лет тому назад.

но, они произошли из колоний одноклеточных животных, в которых клетки стали выполнять раздельные функции: питания, движения, размножения, защиты (покров), выделения и т. д. О переходе одноклеточных к многоклеточным организмам можно судить по стадиям развития личинок. Появление многоклеточных организмов — это исключительный по значению этап в истории развития живых существ. Только благодаря ему стал возможен дальнейший прогресс: возникновение крупных и сложных организмов.

Изменение и развитие древних многоклеточных организмов происходило по-разному, в зависимости от условий среды: одни стали малоподвижными, осели на дно и прикрепились к нему, другие сохранили и совершенствовали способность двигаться и вели подвижный образ жизни.

Первыми наиболее просто устроенными многоклеточными организмами были *губки, археоциаты* (похожие на губок, но более сложные организмы), *кишечнополостные*. От кишечнополостных животных — *гребневиков*, похожих на вытянутых медуз, произошли впоследствии родоначальники обширной группы червей. Какая-то часть гребневиков постепенно перешла от плавания к ползанию по дну. Эта перемена образа жизни отразилась на их строении: тело сплющилось, появились различия между спинной и брюшной сторонами, начал обособливаться головной отдел, развился двигательный аппарат в виде кожно-мускульного мешка, образовались органы дыхания — жабры, сформировались двигательные органы, выделительная и кровеносная системы.

Интересно, что у большинства животных и даже у человека кровь имеет соленость, близкую по составу к солености морской воды. Ведь моря и океаны были родиной древних животных.

Самые примитивные черви имели мягкие покровы, и их ископаемые остатки до нас не дошли. Сохранились остатки высших, кольчатых червей. Они нередко были покрыты щетинками или все тело животного заключено в известковые трубки. От древних кольчатых червей произошли *членистоногие*, у которых образовался наружный скелет из хитина (плотное органическое вещество, часто с известью). Длинные суставчатые ноги этих животных уже были способны к довольно сложным движениям, головной мозг и вся нервная система усложнились. Впервые в животном мире у членистоногих появились совершенные глаза. Таковы были первые обитатели древних океанов.

Как было установлено, *палеозойская эра* началась 570 млн. лет назад. В земной коре сохранились явные и многочисленные остатки и следы существ, живших в то время.

В пронизанных и согретых лучами солнца прибрежных водах моря кипела жизнь. Яркие губки и кораллы образовывали подводные «леса». Мшанки слоистыми шапками и ветвями покрывали скалы, тут же было великое множество различных водорослей. Копошились на дне или медленно плавали трилобиты — удивительные существа со многими плавательными ножками, которыми они загребали воду. Внешне они несколько напоминали крупных мокриц. Трилобиты питались мелкими донными животными и их остатками. При малейшей опасности они проворно зарывались в ил или сворачивались клубочком, подставляя врагу твердый хитиновый панцирь. А опасностей вокруг было много! Даже самым крупным трилобитам, достигавшим 80 см в длину, приходилось остерегаться первобытных головоногих — предков теперешних спрутов. Головоногие скрывались в раковинах, то вытянутых конусом, то свернутых спиралью. Много было и других животных — медуз, иглокожих. Крохотные и гигантские морские лилии, морские ежи, звезды и офиуры, или змеехвостки, и другие иглокожие, населявшие палеозойские моря, возникли от предков, о которых мы можем лишь догадываться. Вероятно, это были древние червеобразные животные, не имевшие ни внутреннего, ни внешнего скелета.

Пионеры суши

Вода и суша — две основные среды, в которых совершалось историческое развитие жизни от низших организмов к высшим. Широкое освоение суши растениями и животными произошло в середине палеозойской эры. Это развитие шло сложными путями.

Некоторые современные и вымершие представители древних групп организмов.

Древнейшие примитивные одноклеточные организмы:

1. Эвглена.
2. Жгутиковое-вольвокс.
3. Инфузория-туфелька.
4. Амеба.

Древнейшие многоклеточные:
5. Гидроидный полип.
6. Губка.

Высокоразвитые кишечнополостные:
7. Гребневик.

Членистоногие:
8. Трехметровый ракоскорпион.

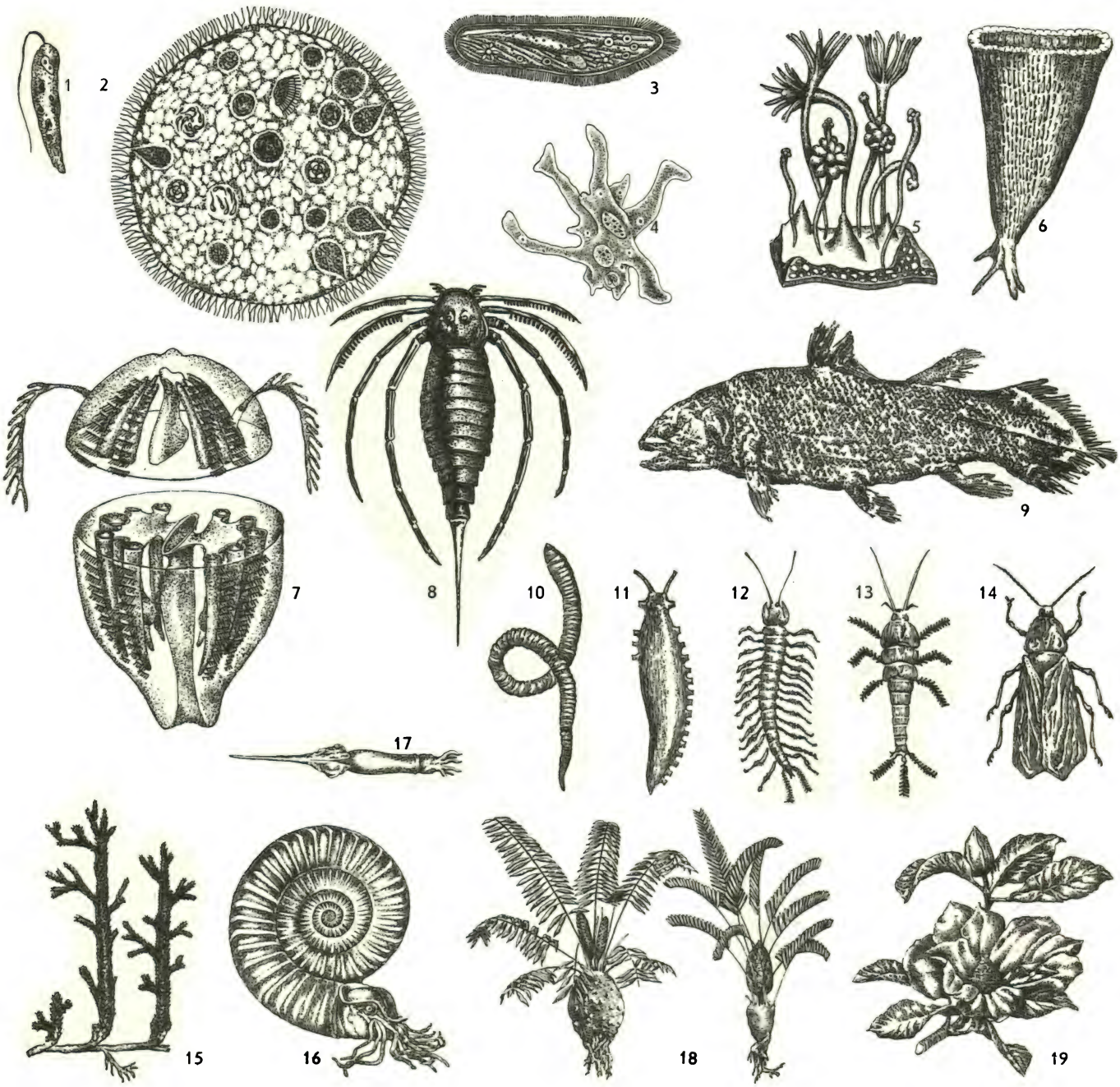
Древнейшие рыбы:
9. Кистеперая рыба.

От кольчатых червей произошли наземные членистоногие вплоть до крылатых насекомых:
10. Кольчатый червь.
11. Перипатус.
12. Многоножка.
13. Бескрылое насекомое.
14. Крылатое насекомое.

Древние наземные растения:
15. Псилофиты.

Головоногие моллюски:
16. Аммонит.
17. Белемнит.

Голосемянные растения:
18. Саговники, или цикадовые.
19. Шишка («цветок») голосемянного беннеттита. Она очень напоминает цветок магнолии. Это говорит о происхождении покрытосемянных растений от голосемянных.



Вероятно, в это время в пресных водах суши уже обитали многочисленные организмы: из растений — зеленые и сине-зеленые водоросли, бактерии, низшие грибы, из животных — одноклеточные корненожки, жгутиковые, реснитчатые инфузории, различные другие беспозвоночные, кишечнополостные и черви. Обитателей пресных вод можно по праву назвать пионерами жизни на суше.

Во второй половине *силурийского периода* (силура), около 420 млн. лет назад, на Земле произошло мощное горообразование (см. ст. «Геологическая история Земли»), так называемая *каледонская складчатость*. Оно сопровождалось поднятием материков и обмелением морей, появлением заливов, лагун. Некоторые из них опреснялись впадающими в них реками, другие становились солеными или совсем усыхали.

Именно в исчезающих, окраинных участках морей и других водоемов сама природа вынуждала некоторые виды водяных растений (зеленые водоросли и др.) приспосабливаться к жизни вне воды. В периоды мелководий и засух водные растения, у которых лучше были развиты предвестники будущих корней, выживали. В течение тысячелетий растения постепенно расселялись в прибрежной полосе суши, дав начало наземному растительному миру.

Тело высших растений расчленено на части — корень, стебель и листья. Корень нужен для прикрепления и для добывания из почвы воды и питательных веществ (водоросли в корнях не нуждаются — они впитывают эти вещества прямо из воды). В листе растения концентрируется зеленый пигмент хлорофилл, без которого невозможен фотосинтез. Стебель нужен для поддержки листьев и для связи их с корнями. Первые наземные растения росли по берегам морей и других водоемов. По своему внешнему виду эти растения были похожи на мхи, плауны и отчасти на водоросли. Их называют *псилофитами*, т. е. «голыми» или «лысыми» растениями, так как листьев они обычно не имели. Их тело, как и у водорослей, не расчленялось еще на основные органы. Вместо корней у них имелись своеобразные подземные выросты — *ризоиды*. Размножались псилофиты при помощи спор, помещавшихся на концах ветвей в спорангиях. Некоторые псилофиты стали настоящими сухопутными жителями и достигали подчас значительных размеров — 3 м высоты. Псилофиты существовали относительно недолго — до конца девона. От них произошли более сложно устроенные хвощевые, плауновые и папоротникообразные растения. Приблизительно в одно время с псилофитами на суше возникли мхи и грибы, организмы, близкие к водорослям.

Вместе с растениями на сушу начали переселяться и животные — сначала беспозвоночные, а потом и позвоночные. По-видимому, первыми из воды выбрались кольчатые черви (предки современных дождевых червей), моллюски, а также предки наземных членистоногих, которые во взрослом состоянии дышат трахеями — сложной системой трубок, пронизывающих все тело. Некоторые беспозвоночные того времени, например ракоскорпионы, были самыми крупными животными и достигали в длину 3 м.

Среди обитателей мелкого моря появились в *ордовикском периоде* первые позвоночные — *панцирные рыбы* с костно-хрящевым внутренним скелетом. Происхождение рыб — одна из загадок истории животного мира. Древние рыбы найдены и в морских и в континентальных отложениях — озерных и речных, причем первичные панцирные рыбы были пресноводными.

Тело древнейших панцирных рыб имело вместо костного скелета хрящевой, а снаружи было покрыто неподвижным костным панцирем, который состоял из пластин, особенно крупных в передней части. В таком тяжелом костяном мешке рыбы были неповоротливы. Из-за отсутствия настоящих челюстей они питались мелкими донными животными и остатками организмов. От близкой к панцирным рыбам ветви произошли рыбы с костным скелетом. От них позже произошли лучеперые, двоякодышащие и кистеперые рыбы. В девонском периоде костные рыбы были самыми высокоорганизованными животными. Появление рыб — большое событие в истории жизни Земли. Ведь именно от них путем последовательного и длительного развития произошли земноводные, пресмыкающиеся, птицы и, наконец, первые млекопитающие.

В *девонском периоде* (девоне), который начался около 400 млн. лет назад, вследствие каледонского горообразования произошло сокращение морских бассейнов и увеличилась суша, резко возросла континентальность климата. Теплые моря девонского периода были подлинным раем для рыб. Их было очень много, и некоторые рыбы достигали громадных размеров. Хищник динихтис, достигавший 10 м в длину, даже не имея зубов, режущими челюстями без труда мог бы расправиться с крупным животным. Появились панцирные рыбы со свободными от брони хвостом и задней половиной туловища. Таким рыбам легче удавалось нападать и защищаться. Но девонские моря не только пополнялись новыми организмами. Начали вымирать трилобиты, ракоскорпионы и древние иглокожие. Среди беспозвоночных появились головоногие моллюски со спирально свернутой многокамерной раковиной — *аммониты*.

На суше к этому времени произошли большие перемены: материки стали подниматься, и площадь их намного увеличилась. Образовались многочисленные озера и реки, началось бурное развитие наземной растительности и сухопутных животных. Плоские побережья материков, полузатопленные водами и заболоченные, покрылись обильной растительностью. В конце девона на Земле росли леса из папоротников, хвощей, плаунов. Одни из этих растений напоминали кустарники, другие — крупные деревья. В этих первобытных лесах уже жили насекомые и древние пауки.

В это же время произошло знаменательное событие в истории развития животного мира: девонские кистеперые рыбы стали превращаться в первых четвероногих, дышащих легкими животных — *стегоцефалов*. Они относятся к *земноводным*, или *амфибиям*,— самым примитивным наземным позвоночным. Колыбелью кистеперых рыб были пересыхающие реки и озера. В них развились рыбы, которые стали передвигаться на упругих плавниках и «заглатывать» воздух. У кистеперых были не только настоящие жабры, но и некое подобие легких. Добавочный способ получать кислород прямо из воздуха очень помогал им, когда вода из бассейнов испарялась. Такие рыбы дышали то жабрами, то выростами передней части кишечника (похожими на плавательный пузырь), стенки которых обильно пронизаны кровеносными сосудами.

Развитие этих рыб относится к девонскому и каменноугольному периодам. Но их особое значение для эволюции наземного мира проявилось уже в девоне, когда из этих рыб возникли амфибии.

Развитые конечности позволяли кистеперым рыбам переползать из пересыхающих водоемов в места, где они находили воду. Способность дышать воздухом спасала их от гибели при путешествиях по суше. Под влиянием неблагоприятных для обычных рыб условий у кистеперых рыб постепенно развились из грудных и брюшных плавников четыре ноги, очень несовершенные и слабые, более похожие на ласты, с пятью костными лучами. Вот почему у всех наземных позвоночных животных четыре пятипалые конечности. А дальше все пошло ускоренным темпом. Животные постепенно утратили рыбий хвост и превратились в стегоцефалов, или панцирноголовых амфибий, способных жить в воде и на суше. Слизистая кожа животных была не защищена от высыхания. Размножение и первые стадии жизни у стегоцефалов проходили в воде, в виде личинок, которые дышали жабрами (как головастики).

Древнейший стегоцефал — *ихтиостега* имел высокий, закругленный, как у рыб, череп. Он, как и рыбы, обладал органами боковой линии, которые лежат в замкнутом канале и сообщаются с наружной средой при помощи отверстий в костной крышке черепа. Строение зубов, позвонки и покрытый чешуей хвост были еще совсем как у рыб. Но ихтиостеги уже обладали лапами, похожими на ласты, с помощью которых они передвигались по суше. Дышали эти животные легкими, хотя и имели остатки жабр. Ихтиостеги большую часть жизни находились в воде, где ловили рыбу, червей, а на суше — насекомых. Они были гораздо подвижнее своих предков — рыб. У ихтиостегов, кроме того, усложнились сердце, органы слуха, нервная система.

Следующий по времени период — *каменноугольный* (карбон) — начался около 350 млн. лет назад. В каменноугольном периоде, который получил это название из-за обилия в его отложениях угля (полатыни «карбо»), началось наступление моря на сушу, древние каледонские горы сгладились. Большая часть Европейской равнины оказалась затопленной морем, образовались огромные заболоченные низины, в которых пышно развивалась наземная растительность. *Карбон* — это царство земноводных. К этому времени у них образовались уже конечности, вполне пригодные для настоящего хождения. Одни земноводные питались рыбой, но большинство предпочитало насекомых и червей. Стегоцефалы имели различный облик — одни были похожи на змей, другие — на ящериц или крокодилов. Это был странный, чудовищный мир великанов растений и гигантских амфибий, достигавших 4 м длины.

Удивительная растительность покрывала сушу. Колоссальные древовидные папоротники, плауны и хвощи высотой до 50 м, в диаметре до 3 м образовывали густые леса. Шапки мхов покрывали ветви. Климат был теплый и влажный. Сырость пронизывала все вокруг, а тяжелый туман по многу дней застаивался между деревьями, корни которых были погружены в воду.

Ящеры

Со второй половины карбона климат на Земле становится более прохладным и сухим. Бескрайние величественные сырые леса каменноугольного периода сокращаются, а песчаные и каменистые пустыни занимают все бóльшие и бóльшие пространства. Особенно это заметно в последнем периоде палеозойской эры — пермском.

Фауна и флора конца палеозоя.

Земноводные:
1—5. Стегоцефалы.
Пресмыкающиеся:
6. Мелкий котилозавр.
7. Парейазавр.
8. Хищный дейноцефал.
9. Растительноядный дейноцефал.
10. Дицинодонт.
11. Зверозубое пресмыкающееся.
Растения:
12. Птеридоспермы и древовидные папоротники.
13. Сигиллярия.

14-15. Членистостебельные
16. Кордаиты.
17. Глоссоптерис.
18. Хвойные.

Фауна и флора середины мезозоя.

Пресмыкающиеся:
1. Ихтиозавр. 2. Плезиозавр.
3. Плиозавр.
4—5. Мелкие хищные динозавры (целюрозавры).
6—8. Гигантские хищные динозавры.
9—13. Зауроподы.
14—15. Орнитоподы.
16—17. Стегозавры.
18—19. Летающие ящеры.

Птицы:
20. Археоптерикс.

Млекопитающие:
21. Пантотерий.

Растения:
22. Гинкго.
23—24. Беннеттиты.
25. Древовидные папоротники.
26. Араукария.

Уже к началу этого периода вымирают ракоскорпионы, трилобиты, многие четырехлучевые кораллы, древние морские лилии и ежи, многие плеченогие. Угасает мир амфибий. В морях становится все больше костных рыб и аммонитов. На суше растительность заменяется новой, приспособленной к умеренному континентальному климату.

Появляются леса из *голосемянных* — хвойных, гинкговых.

Эти изменения жизненной среды повлияли на развитие животных, и в первую очередь позвоночных. Среди песков пустынь зелеными оазисами проступали невысохшие болота, где укрывались последние стегоцефалы. Некоторые из них постепенно приспосабливались к новым условиям — появлялись животные, у которых голая кожа начинала покрываться твердыми щитками, защищавшими тело от давления воды. Некоторые земноводные уже настолько изменились, что не откладывали яйца в воду, как это свойственно данному классу животных, а зарывали их в песок или в кучи гниющих растений. Это были уже первые *пресмыкающиеся*.

Как и земноводные, пресмыкающиеся не имели постоянной температуры тела и с заходом солнца «мерзли» в стынущем воздухе, жизненная активность их падала. Покров из ороговевшей кожи хорошо предохранял тело пресмыкающихся от высыхания. Они откладывали крупные яйца с большим запасом питательного желтка. Минуя водную личиночную стадию, зародыш развивался во вполне сформировавшееся наземное животное. У пресмыкающихся намного совершеннее, чем у земноводных, скелет, мускулатура, кровеносная и нервная системы. Благодаря своей большой активности пресмыкающиеся сразу же заняли первое место в животном мире. Они заселили многие области суши и в сравнительно короткий срок (несколько миллионов лет) распространились очень широко. Пермские пресмыкающиеся дали начало многим группам пресмыкающихся следующей эры (мезозойской) и ближайшим предкам млекопитающих. Поэтому *пермский период* — исключительно важный этап в истории наземных позвоночных: с этого времени они стали «господствующими» животными на планете.

Пресмыкающиеся пермского периода были очень разнообразны и вели различный образ жизни. На равнинах Северной Америки жила сеймурия, животное длиной 80 см, полупресмыкающееся-полуземноводное. Подобны ей лантанозух и котлассия — древние пресмыкающиеся, найденные в пермских отложениях Европейской части СССР. У этих животных, как и у земноводных, имелись ушные вырезки, зубы, как у стегоцефалов, многочисленные ребра (от шеи до хвоста) и короткие, массивные конечности. Но не менее четко выступали и признаки пресмыкающихся: форма ряда костей черепа и позвонков, кожные окостенения и др. Эти животные приводили палеонтологов в недоумение; трудно было решить, к какой группе животного мира их отнести.

Их выделили в промежуточную группу и назвали *лягушкоящерами*.

Каменные страницы летописи Земли дают достаточно материала, чтобы представить себе природу пермского периода. Густые заросли крупных папоротников и голосемянных растений окружали реки

Моря мезозойской эры населяли восьмиметровые рыбоящеры — ихтиозавры, внешне похожие на дельфинов (рис. слева).

Гигантский летающий ящер — птеранодон. Размах его крыльев достигал 8 м.

и большие водоемы. У их ветвящихся корней прятались щекастые ящеры парейазавры — бегемотоподобные медлительные создания, прикрытые панцирем из костных пластин и с костяными выростами на морде, питавшиеся мягкими растениями. На парейазавров охотились гигантские хищники, достигавшие 3 м в длину,— иностранцевии (названы в честь крупного русского геолога *А. А. Иностранцева*). За внешнее сходство с млекопитающими эти животные названы *звероподобными пресмыкающимися*.

Среди них были *зверозубые*, или *териодонты*,— животные, стоящие ближе других к самым первым млекопитающим. Зубы териодонтов, например цигната, как и млекопитающих, различались по форме. Они имели резцы, клыки и бугорчатые коренные. Нижняя челюсть состояла в основном из одной большой зубной кости и нескольких маленьких, как у рыб, земноводных, типичных пресмыкающихся. Но еще больше сближают их с млекопитающими такие признаки, как развитие вторичного костного нёба, отделившего носоглотку от ротовой полости. Животные начали жевать пищу, а не только ее захватывать и глотать, как низшие позвоночные. Строение лопаток, таза и некоторые другие особенности тела териодонтов также сближали их с млекопитающими, предками которых они были.

Триасовым периодом открывается новая эра в истории Земли — *мезозойская*. В течение ее происходило много событий на нашей планете — чередовались сухие и влажные периоды, иногда бурно протекала вулканическая деятельность.

В начале мезозоя суша занимала громадные площади, но с середины эры моря затопили большие территории. В конце эры произошло мощное горообразование и размеры материков несколько увеличи-

Стиракозавр жил в конце мезозоя. Задняя часть его черепа разрослась в костный «воротник», по краям которого торчали громадные острые шипы.

Диплодок, весивший более 60 т и имевший 30 м в длину, был одним из самых крупных животных, обитавших когда-либо на Земле.

лись. Изменение природной среды оказывало очень большое влияние на развитие животного и растительного мира.

Моря мезозоя лишились многих групп организмов, процветавших в палеозое. Четырехлучевые кораллы сменились шестилучевыми, вымерли трилобиты; меньше стало плеченогих моллюсков — брахиопод, зато развиваются двустворчатые моллюски. В море широко распространились головоногие моллюски — аммониты и белемниты, а на суше царствовали пресмыкающиеся. Они приспособились также к жизни в море и на воздухе.

В мезозое появились все высшие представители растительного и животного мира: цветковые растения, двукрылые и перепончатокрылые насекомые, костистые рыбы, птицы и млекопитающие.

Условия жизни в мезозое способствовали развитию новых групп пресмыкающихся. Многие из них вернулись к водному образу жизни. Сначала они освоили побережья, богатые кормами, затем их потомки совсем оставили сушу и поселились в море. На суше появились многочисленные двуногие *архозавры*. Хождение на двух ногах было полезным приспособлением к жизни среди высоких растений: поднятое тело позволяло этому большому животному лучше и дальше видеть.

В *юрский* и *меловой* периоды большие участки материков погрузились в море и огромные пространства планеты залила вода. Климат был мягкий, ровный и теплый. На громадных пространствах от Японских островов до Великобритании, от Новосибирских островов до Южной Африки и Австралии флора была однообразной. Большие площади занимали леса и заросли из древнейших хвойных, гинкговых, беннеттитов и саговников с подлеском из мелких папоротников, мхов, хвощей и плаунов.

Юрский период (юра) — время широкого распространения морей. В отложениях этого периода в

изобилии находят остатки морских беспозвоночных, особенно много головоногих моллюсков — *аммонитов* и *белемнитов*. Раковины аммонитов закручены в одной плоскости и имеют вид диска диаметром обычно 5—10 см, но некоторые достигали более 1 м. Аммониты, подобно современным спрутам, были морскими хищниками. Белемниты, остатки внутренних раковин которых известны под названием «чертовы пальцы», имеют вид сигары длиной 10—15 см. На одном конце этой «сигары» внутри есть коническое углубление.

В юрский период пресмыкающиеся становятся подлинными властелинами морских просторов, суши и воздуха.

Появляются новые отряды пресмыкающихся, в том числе крокодилы и ящерицы. Началось бурное развитие замечательной группы пресмыкающихся — *динозавров*.

«Документы» архива природы дают возможность довольно хорошо представить себе природу юрского периода. На обширных болотах под кронами гигантских, расширяющихся у основания болотных кипарисов таился сумрак. В сухих местах, не боясь горячих лучей солнца, селились саговники с плотными глянцевыми кожистыми листьями семиметровой длины. Эти удивительные листья похожи на перья сказочных птиц. Бывали саговники круглые, как бочонки, с султанами перьев наверху, очертаниями напоминающие гигантский ананас. Встречались леса гинкго.

Листья этих деревьев очень подвижны, они поворачиваются вслед за солнцем, становясь к нему ребром, словно огромные веера.

С восходом солнца от ночного оцепенения пробуждался мир пресмыкающихся, а среди них «хозяева» Земли — динозавры.

Исполинский ящер — тираннозавр был страшным врагом наземных животных.

Динозавры составляли два крупных разных отряда — *ящеротазовых* и *птицетазовых*. Ящеротазовые были самыми крупными великанами животного мира, которые когда-либо ходили по Земле. Животные имели очень длинную шею и хвост, а туловище во многом превосходило туловище слона! Бронтозавры, диплодоки и брахиозавры достигали длины до 35 м (длина крупного кита), высоты в спине — 9 м и веса до 60 т! Они были четвероногими, могли поднимать высоко шею и жили на побережьях морей, больших озер, где питались мягкой растительной пищей.

В юрском периоде появились хищные динозавры — *карнозавры*, ходившие и бегавшие на двух ногах. Передние конечности у них были укорочены. Вес их достигал 5—7 т, а высота — 6—8 м.

В морях мезозоя жили восьмиметровые рыбоящеры, похожие на дельфинов,— *ихтиозавры*. Эти животные обладали спинным плавником, ластами и рыбьим хвостом. Они превосходно плавали. Ихтиозавры не могли выбираться на сушу и были живородящими.

Постоянными соперниками ихтиозавров по разбою среди рыбьих косяков были *плезиозавры*. Эти животные имели укороченное тело, длинную шею с маленькой головкой и хвостом без плавника. Челюсти были усажены острыми зубами. Их главным органом плавания были мощные, громадные ласты-плавники. Несовершенные «мореходные» формы туловища и конечностей плезиозавров в сравнении с ихтиозаврами вынуждали животных держаться близ берегов и в бухтах, где они укрывались от штормов. Плезиозавры достигали 16 м длины.

В воздухе носились летающие ящеры — *птерозавры*. Одни из них — *рамфоринхи*, с длинными узкими крыльями и длинным хвостом-рулем, летали планирующим полетом, другие, более мелкие, ширококрылые и короткохвостые,— *птеродактили* порхали, точно гигантские бабочки. Крылья у летающих ящеров были образованы боковой кожной складкой тела и поддерживались длинным четвертым пальцем передней конечности. Птерозавры, так же как и современные птицы, имели полые кости, что облегчало вес тела и способствовало полету.

Возникновение птиц, млекопитающих и вымирание динозавров

Летающие пресмыкающиеся и птицы произошли от общих предков. Что они представляли собой, мы можем лишь предполагать. Во всяком случае, передние и задние конечности первых птиц начали покрываться перьями, возникшими в результате удлинения и расщепления кожных чешуй. Такое приспособление позволяло им совершать планирующие прыжки сначала с ветки на ветку, а затем с одного дерева на другое.

Особенно заметно родство между птицами и пресмыкающимися у юрских древних птиц — *археоптериксов*. Они заселяли заросли на берегах заливов, рек, озер, болот. Археоптериксы не превышали размерами голубя. Хвосты у них были длинные, как у ящериц, очень гибкие, но покрытые перьями, сидевшими попарно против каждого хвостового позвонка. Перья покрывали все тело и ноги животного.

В строении археоптериксов сохранились признаки, унаследованные от пресмыкающихся: слабая грудина, к которой прикреплялись летательные мышцы, брюшные ребра, как у современных крокодилов, длинный хвост из 18—20 позвонков, зубы. На крыльях археоптерикс имел три пальца, снабженных коготками. Археоптериксы лазали по ветвям, летали они плохо, но могли совершать длинные планирующие прыжки.

В юрском периоде появились первые *млекопитающие*. До сих пор плохо изучен начальный период их развития. Остается еще загадкой вопрос, почему у млекопитающих есть общие признаки с земноводными, хотя у пресмыкающихся эти признаки исчезли, например обилие кожных желез, левая дуга аорты и др. Ученые установили, что млекопитающие произошли от зверозубых пресмыкающихся — *териодонтов*. Ученым удалось проследить пути развития териодонтов и обнаружить у этих животных развитие свойств, присущих исключительно млекопитающим. Особенно много таких признаков имели южноафриканские териодонты: по строению скелета, образу жизни они мало отличались от настоящих млекопитающих. Вторичное костное нёбо позволяло им дышать и во время еды, а сложные зубы — хорошо пережевывать пищу. Как и млекопитающие, териодонты держались на вертикально выпрямленных ногах. Мы можем предполагать, что эти животные были уже теплокровными.

Возникновение млекопитающих тесно связано с изменениями зародышевого развития: переходом от откладывания яиц, которые согревало в основном солнечное тепло, к развитию зародышей в утробе матери и рождению живых детенышей.

Тело предков млекопитающих, по-видимому, покрывали чешуя и волосы. Это были незаметные, мелкие пресмыкающиеся, которые вели скрытый образ жизни. Они дали начало самым прогрессивным позвоночным — млекопитающим, сменившим «вла-

дык» мезозоя — динозавров, перед которыми они имели много биологических преимуществ.

Резкие изменения происходили и в мире растений. Еще в конце юрского периода появляются первые *цветковые растения*, а к середине мелового периода новая растительность вытесняет старую. Как произошли цветковые растения, еще не полностью выяснено: может быть, они возникли от каких-то групп голосемянных в галерейных лесах полупустынь, расположенных вдоль речных долин в областях особенно интенсивного солнечного облучения. Они могли также возникнуть и на неизвестных нам участках суши, затем погрузившихся в океан.

Изменения в растительном мире планеты имели величайшее значение. Без них затормозилась бы и эволюция животного мира. Благодаря появлению цветковых растений смогли быстро развиться такие высшие классы животных, как насекомые, птицы, млекопитающие. Увеличилась «кормовая» база, и пища стала разнообразнее. В свою очередь, и животные — насекомые, птицы, млекопитающие — сыграли большую роль в развитии цветковых растений, помогая перекрестному опылению цветов и распространению плодов и семян. Представим себе жизнь на Земле в конце *мелового периода*.

Спал иссушающий дневной зной, и в вечернем сумраке появляется одинокая гигантская фигура на двух ногах. У животного двухметровой длины голова и крохотные недоразвитые «ручки» с двумя пальцами. «Ручки» так малы, что не в состоянии дотянуться до морды и не могут удержать добычу. Это какие-то непонятные придатки огромной туши. В пасти животного, всегда оскаленной, многочисленные двадцатипятисантиметровые зубы. Нижняя часть туловища массивна и сплющена с боков. Что-то птичье во всем облике этого гигантского хищника. Его морда и огромные с тремя чудовищными когтями ноги забрызганы кровью жертвы, с которой он только что расправился. Это величайший хищник всех времен — *тираннозавр* — ящер-тиран, гроза и повелитель всего живого. Длина его 17 м, высота 9 м, а вес более 10 т. Жертва тираннозавра — один из *утконосых динозавров*, которые обитают в речных заводях и топких болотах. На передних лапах утконосых динозавров были перепонки, а на задних — по три копыта. У всех утконосых динозавров строение тела почти одинаково, но форма головы различна: у *зауролофа* на «затылке» костный вырост, а у его близкого родича — *паразауролофа* — странный костный гребень. Назначение этих «украшений» до сих пор неясно. Утконосые динозавры были беззащитны, хотя их рост мог достигать 12 м при весе 20 т!

На опушках араукариевых лесов обитали последние *птеродактили* и «живые планеры» — *птеранодоны*, самые крупные летающие существа. Размах их крыльев достигал 8 м! Метровый беззубый клюв птеранодонов разил добычу без промаха.

Мелкие, незаметные, беззащитные млекопитающие жили тогда в теплых влажных лесах, где прятались в норы у корней лесных гигантов. В это время сокращались площади морей и водоемов суши, отчего сузилась область обитания различных животных, в частности динозавров, так или иначе связанных с водой, и увеличилась континентальность климата.

К концу мезозоя вымирают все группы динозавров и многие отряды пресмыкающихся. Вымирание их было связано с изменением внешних условий: климата, рельефа, растительности, к которой не были приспособлены их зубы и пищеварительная система, а также с развитием новых групп растений и животных. Но что послужило причиной массовой гибели недавно могучих «владык» планеты, мы еще не знаем.

Эра новой жизни

Следующий крупный этап в развитии органического мира — *кайнозойская эра*. Из недавнего мира ящеров в эру новой жизни, длившуюся около 70 млн. лет, перешли лишь немногочисленные группы пресмыкающихся: ящеры, змеи, крокодилы, черепахи.

С самого начала третичного периода начался «век» млекопитающих. Уже в начале кайнозойской эры появились все основные группы современных млекопитающих, в том числе и обезьяны. Процесс развития этого класса животных шел очень быстро, что объясняется их исключительными способностями приспособляться к постоянно меняющимся условиям жизни.

Развитие цветковых растений тоже сыграло важную роль в эволюции млекопитающих. Обезьяны, например, могли появиться и развиться лишь в связи с цветковыми растениями: их основная пища — плоды, ягоды и семена.

Наиболее древние третичные млекопитающие сочетают в себе черты различных групп животных. Самой примитивной и древней группой млекопитающих были *яйцекладущие*, или *однопроходные* (как утконос), сумчатые (кенгуру и др.) и древние насекомоядные. Уже в самом начале кайнозоя часть на-

В кайнозойскую эру жил безрогий носорог — индрикотерий. (Стадии реконструкции индрикотерия.)

Фауна и флора середины кайнозоя.

Пресмыкающиеся:
1. Слоновая черепаха.
2. Крокодил.

Птицы:
3. Эпиорнис. 4. Гагара.
5. Пингвин. 6. Пеликан.
7. Фламинго. 8. Гриф.

9. Фороракус.
Млекопитающие:
10. Человекообразная обезьяна (проплиопитек).

11. Креодонт (гиенодон).
12—13. Саблезубые кошки.
14. Астрапотерий.
15. Арсинотерий.

16. Палеомастодонт.
17. Морская сирена.
18. Копытное (макраухения).
19. Лошадь (мезогиппус).
20. Халикотерий.
21—22. Бронтотерии.
23. Мелкий носорог (аллацеропс).
24. Гигантский носорог (индрикотерий).
25. Двурогий носорог (дицератерий).
26—27. Гигантские свиньи.
28. Антракотерий.
29. Верблюд. 30—31. Олени.
32. Броненосец.
33. Ленивец. 34. Кит.

Растения:
35. Таксодиум. 36. Секвойя.
37. Араукария.
38. Куннингамия. 39. Ель.
40. Сосна. 41. Бук, дуб.
42. Пальма. 43. Камыши.

Животное четвертичного периода — громадная саблезубая кошка — смилодон.

секомоядных приспособилась к хищному образу жизни.

Они стали родоначальниками настоящих хищных животных. Другая ветвь насекомоядных дала начало растительноядным животным — предкам копытных.

От древних копытных возникли дожившие до наших дней *непарнокопытные* — тапиры, носороги, лошади, а также различные *парнокопытные* — свиньи, олени и др.

В первой половине третичного периода жили животные причудливого строения: гигантские *бронтотерии* с рогами на конце морды в форме рогатки, гигантские хищники и др.

Млекопитающие обитали на суше и в море. Они лазали по деревьям, летали по воздуху (летучие мыши), плавали в морях (киты и их родичи). На суше млекопитающие не достигли величины динозавров, но среди них были свои гиганты, и, по-видимому, самым высоким животным из млекопитающих можно считать безрогого носорога — *индрикотерия*. Его высота в плечах доходила до 5 м! Он жил в Азии и Европе около 40 млн. лет назад.

В Южной Америке и Австралии, отделившихся от других материков еще в мезозое, развитие древних млекопитающих шло своим путем. На этих материках млекопитающие надолго сохранили облик своих древних предков. В Южной Америке были распространены сумчатые, а также неполнозубые (ленивцы).

В Австралии жили только *сумчатые* и *однопроходные* — самые примитивные из современных млекопитающих.

Во второй половине кайнозойской эры происходят особенно большие изменения в наземной растительности и животном мире: на территории теперешних умеренных поясов растения тропиков и субтропиков сменяются растительностью с опадающей листвой. Возникают обширные степные и лесостепные пространства.

В саваннах и по опушкам лесов обитали дикие свиньи, трехпалые лошади, жирафы, большие стада оленей, антилоп и мастодонтов. Появилось много хищников — больших саблезубых кошек, гиен и других животных.

В конце неогенового периода и в четвертичном периоде образовались тундра и тайга. И только в приэкваториальной полосе до наших дней сохранились растительность и животный мир древних эпох. Тропический вечнозеленый лес — это остаток (реликт) величайших дремучих лесов, которые одевали Землю в начале кайнозойской эры, живой свидетель начала и расцвета великого мира множества зверей и птиц.

Четвертичный период, или *антропоген*, начавшийся около миллиона лет назад, несмотря на свою относительную краткость, богат событиями. В это время сформировались современные флора и фауна. В начале антропогена, несмотря на начавшееся похолодание, даже в высоких широтах Северного полушария было еще относительно тепло; растительный и животный мир теперешних умеренных и холодных поясов значительно отличался от современного. В Евразии, например, были широко распространены гигантские древние слоны, крупные, двухметровой высоты, с громадным рогом на лбу носороги эласмотерии, однопалые лошади, верблюды, антилопы, различные грызуны, в том числе похожие на гигантских бобров трогонтерии. Несколько позже появились пещерные гиены и медведи, крупные длиннорогие бизоны, большерогие олени, трогонтериевые слоны и мало отличавшиеся от современных волки, лисицы, зайцы, куницы и другие животные.

Во второй половине антропогена похолодание климата значительно увеличилось, что привело к оледенению больших пространств Европы, Азии, Северной Америки. Многие млекопитающие не приспособились к новым условиям и вымерли, другие изменились. Трогонтериевые слоны превратились в мамонтов, бизоны, олени, росомахи измельчали. Наиболее распространенными животными стали волосатые слоны — мамонты, волосатые носороги, северные олени, овцебыки, волки, песцы, лемминги и другие грызуны.

С течением времени возникли отчетливо разграниченные умеренная и арктическая зоны с характерными для каждой из них флорой и фауной. Вымерли мамонты, волосатые носороги, гигантские олени. Так возник современный животный и растительный мир. Основываясь на научных данных, мы можем считать, что все ныне существующие дикие виды растений и животных уже были на Земле около 20 тыс. лет назад.

Около миллиона лет назад от особого вида человекообразных обезьян, которые стали ходить на двух ногах при вертикальном положении туловища, произошли предки людей — *питекантропы*, или обезьянолюди. от которых произошли *первобытные люди* (неандертальцы), а примерно 100 тыс. лет назад появились люди современного вида.

Учение о современных природных зонах Земли

Современные природные условия на земной поверхности закономерно изменяются с географической широтой, что было подмечено еще в глубокой древности. Однако правильно объяснить причины этой важной закономерности, т. е. почему солнечное тепло неравномерно поступает, удалось лишь после того, как была доказана шарообразность, вращение Земли и ее движение вокруг Солнца. По мере расширения знаний о природе Земли учение о мировых широтных географических поясах к настоящему времени завоевало всеобщее признание.

Еще в конце XVIII в. ученик М. В. Ломоносова и один из первых русских академиков И. И. Лепехин наметил общую схему размещения по земной поверхности растительности и животного мира в зависимости от тепловых поясов, а в начале XIX в. знаменитый немецкий естествоиспытатель и путешественник А. Гумбольдт установил зональность и высотную поясность растительности в связи с изменением количества приходящего на Землю тепла.

Почти через сто лет, в начале XX в., выдающийся русский ученый В. В. Докучаев показал, что зонально распространены не только климат и растительность, но и многие другие элементы природы, находящиеся в глубокой взаимосвязи с климатом. Эти представления, впоследствии развитые Л. С. Бергом, А. А. Григорьевым и многими другими учеными, легли в основу современного учения о географической зональности природы Земли.

Основная причина зональности природы заключается в шарообразности Земли, в сочетании с суточным вращением ее вокруг своей оси и годовым движением вокруг Солнца. Как известно, огромное количество лучистой энергии, образующейся в результате происходящих на Солнце ядерных реакций, непрерывно растекается во все стороны, но на удаленную от Солнца Землю приходится лишь очень небольшая ее доля, а именно около $\frac{1}{2\,200\,000\,000}$.

Даже проходя через земную атмосферу и встречая на своем пути облака, пыль и водяные пары, солнечные лучи частично поглощаются или отражаются в мировое пространство. До земной поверхности доходит лишь около 40% солнечной энергии,

В горных районах растительность расположена поясами.

Западное побережье Африки (тропическая зона).

Справа: Пустыня.

Тайга в Восточной Сибири.

Леса умеренной зоны.

поступающей на верхнюю границу атмосферы. Вместе с тем приходящая лучистая энергия Солнца дает земной поверхности свет, тепло и энергию почти для всех химических превращений земного вещества, совершающихся на земной поверхности. Большая часть из поглощенной здесь солнечной энергии превращается в тепловую и механическую энергию движения, и лишь сравнительно небольшая (около 0,8%) используется зелеными растениями для химических процессов превращения неорганических веществ в органические (фотосинтез). Количество поступающей солнечной энергии закономерно убывает от экватора к полюсам в зависимости от угла падения солнечных лучей и длины их пути через атмосферу. В этом же направлении изменяется и атмосферное тепло.

Именно поэтому в природе земной поверхности и проявляется так называемая ярко выраженная географическая зональность.

Первоначально на поверхности Земли выделялось 5 тепловых поясов: один жаркий, расположенный по обе стороны от экватора между северным и южным тропическими кругами; два умеренных — между тропическими и полярными кругами и два холодных, располагающихся вокруг Северного и Южного полюсов.

Позднее, когда накопилось достаточно сведений о температуре земной поверхности в различных частях нашей планеты, число тепловых поясов увеличилось до 7, а за границы между ними начали принимать не астрономические тропические и полярные круги, а линии равных средних температур (изотерм). За границу жаркого пояса стали принимать среднюю годовую изотерму в 20°, с которой близко совпадает граница распространения пальм. Границами умеренных поясов с холодными стали считать изотерму самого теплого месяца в году +10°, с которой близко совпадает граница между лесом и тундрой.

Из холодных поясов выделили еще два пояса вечного мороза, границу между которыми проводили по изотерме самого теплого месяца в году 0°.

В наше время, пользуясь данными о температуре и количестве поступающей солнечной энергии (радиации), выделяют 13 радиационно-тепловых поясов, которые обычно называют географическими: арктический, антарктический, субарктический, субантарктический, умеренные северный и южный, субтропические северный и южный, тропические северный и южный, субэкваториальные северный и южный, экваториальный. Радиационно-тепловые пояса, зависящие в основном от географической широты, хорошо прослеживаются как на суше, так и в океане.

Поверхность Земли обладает различной отражающей способностью падающих на нее солнечных лучей (величиной альбедо). По этой причине различные части поверхности по-разному поглощают тепло и нагреваются. Больше всего солнечных лучей (от 80 до 97%) поглощает открытая водная поверхность океана, отражая в атмосферу всего от 20 до 3% падающей на нее радиации. Вода поглощает наибольшее количество поступающего от солнца тепла и очень медленно его отдает в мировое пространство. Между тем водная поверхность занимает около $^3/_4$ всей поверхности Земли. Поэтому Мировой океан

и является накопителем и главным источником тепла на Земле.

Однообразием физических свойств водной поверхности объясняется равномерность и малая величина колебаний температуры над океанами.

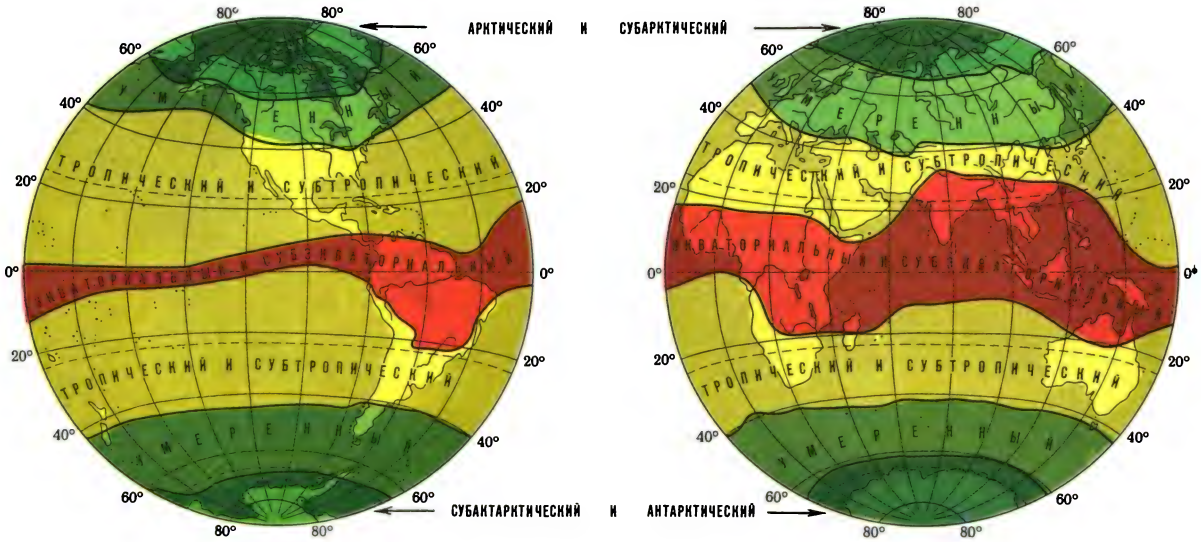
Поверхность суши, разнообразная по своим свойствам, поглощает различное количество солнечной энергии. Травы и листья деревьев в среднем поглощают от 70 до 80%, а свежевыпавший чистый снег всего от 2—3 до 10% всей поступающей энергии, все же остальное ее количество отражается в атмосферу и в мировое пространство. Много солнечных лучей отражают также и морские льды, покрытые снегом.

Некоторые ученые считают, что очень низкие температуры и малые запасы тепла в приполярных районах Арктики и Антарктики, покрытых круглый год льдами и снегом, зависят не столько от меньшего количества поступающего тепла, сколько от сильного отражения лучей поверхностью Земли в этих районах. За это говорит и то, что в приполярных широтах в течение летних месяцев в результате круглосуточного освещения и большой прозрачности воздуха годовое количество приходящей солнечной энергии лишь немного уступает умеренным широтам, а наибольшие величины прямой радиации, по наблюдениям в антарктической станции «Мирный», даже превышают величины прямой радиации Тбилиси и Ташкента.

Тем не менее приполярные районы оказывают сильное охлаждающее влияние на климат всего земного шара. Изучением этого влияния занимаются сейчас многие ученые различных стран.

Неравномерное нагревание земной поверхности приводит в движение воздушные и водные массы, стремящиеся выровнять температуру. Взаимосвязанные воздушные и морские течения переносят с места на место огромное количество тепла. Особен-

Карта зон земного шара.



но большую роль в переносе (адвекции) тепла играют теплые и холодные морские течения, так как вода поглощает и накапливает тепла значительно больше, чем воздух. Поэтому более сильные отклонения от средних температур наблюдаются на морских побережьях. Так, например, на нашем Мурманском побережье, омываемом продолжением Гольфстрима — теплым Атлантическим течением, приходящим из тропических широт, несмотря на его северное положение (около 70° с. ш.), имеются незамерзающие круглый год гавани. Более подвижные воздушные течения вследствие малой теплоемкости воздуха переносят тепло на большие расстояния, но в меньшем количестве.

Общий облик природы любого участка поверхности суши, характер его почв, растительности, животного населения и прочее зависят не только от количества поступающего тепла, но и влаги: осадков, влажности воздуха, подтока поверхностных и грунтовых вод. Этим природа суши отличается от природы водоемов, где количество влаги постоянно и характер ее определяется другими условиями (температурой и прозрачностью воды, ее составом, соленостью и пр.).

Основной источник атмосферных осадков на суше — Мировой океан с его морями, в котором содержится более 98% всех вод земного шара. Испаряясь с поверхности океана, водяные пары воздушными течениями переносятся на материки, где выпадают в виде дождя и снега. Замыкая постоянный круговорот, вода возвращается в океан в виде рек, ручьев и подземных вод. Единовременно в воздухе содержится воды в 11 раз больше, чем в реках (около 13 тыс. км^3). Количество осадков, выпадающих в разных районах суши, зависит от направления воздушных течений, от расстояния до источника увлажнения — океана, от рельефа земной поверхности и ряда других условий. Осадки выпадают преимущественно при движении воздуха из более нагретых в охлажденные участки, при подъеме теплого и влажного воздуха в более холодные слои атмосферы в циклонах и на подветренных склонах гор, при ветрах с моря.

Поэтому годовое количество атмосферных осадков распределяется значительно более сложно, чем солнечное тепло. Отсюда и природные ландшафты суши разнообразнее и картина их распределения сложнее широтных тепловых поясов. Можно, таким образом, сказать, что в пределах радиационно-тепловых поясов неодинаковое увлажнение ведет к формированию различных географических зон на земном шаре.

Однако не только количеством тепла и влаги определяются особенности природы отдельных участков земной поверхности, но и соотношением тепла и влаги. В каждом поясе, в соответствии с запасами тепла, может испариться определенное количество влаги. В тундровой зоне, где господствуют низкие температуры и испарение влаги невелико, даже небольшое количество выпадающих осадков не может полностью испариться и вода накапливается на поверхности, вызывая заболачивание местности. В жарких поясах выпадающие даже в большом количестве осадки испаряются полностью, а во многих

Субтропики.

В горных странах встречается особый тип растительности — альпийские луга.

местах этих поясов испаряются также запасы и грунтовых вод.

Таким образом, природные условия на суше лишь в общих чертах изменяются с географической широтой и большая часть географических зон в отличие от радиационно-тепловых поясов не образует сплошных полос, опоясывающих весь земной шар. Они прерываются водными пространствами и отчетливо прослеживаются только на равнинах. В горах с высотой температура понижается, а количество осадков обычно увеличивается, обусловливая смену природных условий, т. е. так называемые вертикальные природные пояса.

Широтная географическая зональность наиболее четко выражена в тех частях материковых равнин, где количество выпадающих осадков постепенно изменяется вместе с поступлением тепла с севера на юг. Так, например, в арктическом и субарктическом поясах количество осадков и тепла постепенно уменьшается от умеренного пояса к полюсу. Поэтому границы арктических пустынь, тундр, лесотундры и северной тайги вытянуты здесь с запада на восток на всех материках. В умеренном же поясе, где господствующие западные воздушные течения приносят с океана на материк осадки и тепло, количество их убывает с запада на восток, широтная географическая зональность нарушается. На одних и тех же широтах, в зависимости от удаленности равнин материка от океана, служащего источником влаги и тепла, встречаются и влажные широколиственные леса, и степи, и пустыни. В тех же местах, где воздушные течения направлены с материка на океан (например, пассаты в северо-западной части Африки и в Южной Америке), тропические пустыни подходят вплотную к океаническому берегу.

Большое влияние на зональность оказывают и горные цепи, стоящие на пути воздушных течений. При переходе через горные хребты содержащиеся в воздухе осадки выпадают на подветренных склонах гор, а на другой склон хребта приходит сухой воздух. Вследствие этого Гималайские горы служат границей между влажными тропическими лесами Индии и пустынями Тибета и Центральной Азии, а Анды отделяют пустыню Южной Америки Атакаму от тропических лесов Аргентины и Боливии. В Северной Америке (между 50 и 40° с. ш.) Кордильеры преграждают путь воздушным течениям, несущим влагу с Тихого океана, поэтому к востоку от гор простираются пустыни и степи, постепенно сменяющиеся широколиственными, а далее хвойными лесами.

Границы между этими зонами из широтных превращаются в меридиональные.

Таким образом, зональность, обусловленная космическими факторами,— одна из наиболее общих закономерностей в характере современной природы нашей планеты. В то же время конкретные проявления зональности на поверхности Земли зависят от земных причин, определяющих прежде всего соотношение тепла и влаги, свойственное той или другой части земной поверхности. Изучение взаимодействия космических и земных влияний на общий облик современной природы имеет большое научное и практическое значение.

Почвы мира и их использование

Почвы покрывают всю поверхность суши нашей планеты (за исключением ледников и голых скал) сплошным слоем толщиной от нескольких сантиметров до 1—3 м и более. В геологическом прошлом Земли почвы начали образовываться тогда, когда первые растительные организмы вышли из океана на сушу и поселились в рыхлых горных породах. Эти породы, обладая способностью удерживать и накапливать влагу, снабжали растения водой и минеральными веществами. Отмирающие стебли и корни обогащали поверхностные горизонты рыхлых горных пород органическим веществом, из которого постепенно образовался *почвенный перегной*, или *гумус*,— органическое вещество, вступившее при разложении во взаимодействие с минеральной частью почвы. Таким образом возник обмен веществ и энергии между почвой и растениями — биологический круговорот, который и был началом образования почв.

Каждый тип растительности формировался в тесной связи с климатическими условиями, с тепловым, водным и пищевым режимом почв. В свою очередь, от типа растительности зависело накопление почвенного гумуса, превращение и перемещение минеральных веществ в почве.

Раньше всего на Земле образовались почвы под влажными тропическими лесами, они были распространены уже в начале и середине палеозойской эры. В конце палеозоя стали формироваться почвы тропических полупустынь и пустынь, в которых вследствие сухости климата стали накапливаться легкорастворимые соли. В последующие геологические периоды, когда на Земле климатические условия и растительность стали более разнообразными, начали образовываться почвы субтропиков и умеренного пояса. Позднее возникла и широко распространилась степная растительность, появились типичные степные почвы — черноземы и каштановые почвы.

Еще позднее образовались подзолистые почвы таежной зоны и тундровые почвы.

Таким образом, современная растительность, естественная и культурная, неразрывно связана с почвенным покровом Земли, его сохранностью и развитием. Изучение почв, их изменения под влиянием человека, предохранение от разрушения (эрозии) — это первостепенная задача ученых и специалистов сельского хозяйства.

Всякое усиление размыва почв текучими водами и развевания их ветром, а также замедление процессов естественного и культурного почвообразования неизбежно пагубно отразится на всей биосфере планеты.

Из истории почвоведения

Наука о почвах — почвоведение — возникла только во второй половине прошлого века, позже других естественных наук — геологии, ботаники, зоологии и др.

Важнейший вклад в развитие почвоведения как самостоятельной науки внесли выдающиеся русские ученые В. В. Докучаев (1846—1903), Н. М. Сибирцев (1860—1900), П. А. Костычев (1845—1895). До них почву рассматривали как верхний слой разрыхленной горной породы, интересовались только ее механическим и петрографическим составом и изучали в пределах лишь поверхностного (пахотного) слоя, или горизонта.

В. В. Докучаев первый обратил внимание на более глубокие горизонты почвы, которые одновременно с поверхностным, перегнойным горизонтом возникают в процессе развития почвы из горной породы. Он рассматривал почву как самостоятельное природное тело, которое состоит из твердых минеральных и органических веществ, почвенного раствора и почвенного воздуха. Докучаев установил, что почвы образуются из материнской горной породы под воздействием климата, рельефа, растительности, животного населения. Свойства почвы зависят от всех этих факторов, под влиянием которых она образовалась, а также «возраста», т. е. времени развития.

Н. М. Сибирцев дал самое краткое определение почвы. Почва — это природное тело, возникающее при взаимодействии растительности и горных пород в различных условиях климата и рельефа и обязательно содержащее отмершее органическое вещество. П. А. Костычев был основателем учения о плодородии почв.

В последующие десятилетия почвоведение обогатилось целым рядом новых исследований, углубивших и развивших взгляды Докучаева на почвообразование. Было разработано учение о взаимосвязи твердой, жидкой и газообразной частей почвы. Советский ученый К. К. Гедроиц показал выдающуюся роль почвенных коллоидов — мельчайших частиц почвы, наиболее активно вступающих в физико-химическое взаимодействие с водными растворами, циркулирующими в толще почвы. И. В. Тюрин внес большой вклад в изучение процессов накопления почвенного гумуса, состоящего из особых органических и органо-минеральных веществ — продуктов

почвообразования. Одновременно создавалось учение о почвенном плодородии и закономерностях круговорота веществ между почвой и растительностью, в разработке которого важную роль сыграли Д. Н. Прянишников, В. Р. Вильямс, Б. Б. Полынов и другие ученые.

С точки зрения современной науки почва — это относительно обособленная природная система, которая непрерывно обменивается веществом и энергией с окружающей средой. В наши дни ведется количественное изучение этого обмена по сезонам года. Изучаются водно-тепловой, физико-химический, биологический и пищевой режимы почв. Эти исследования очень важны для понимания процессов формирования почвы, глубокого познания факторов почвенного плодородия. На основе этих знаний разрабатываются методы повышения и регулирования плодородия почв с помощью агротехники и мелиорации.

В настоящее время почвы делятся на многие типы, подтипы, роды и виды, в зависимости от строения их генетического профиля, состава почвенных горизонтов, водно-теплового режима почвообразования, условий и характера разложения минерального состава материнской горной породы, образования и передвижения новообразующихся органических и органо-минеральных веществ.

Почвенный покров мира

Распространение тех или иных почв на земном шаре определяется природной средой, с которой почвы тесно связаны.

Основы учения о закономерностях географического распространения почв изложил В. В. Докучаев в работе «О зонах природы».

В наше время все почвы мира объединяют в пять больших групп, или *термических классов*, соответствующих пяти главным географическим поясам Земли: тропическому, субтропическому, умеренному, холодно умеренному (бореальному) и полярному. Каждая из групп делится на подгруппы или классы по особенностям водного и теплового режимов, характеру биологического кругооборота, составу и свойствам почвенной толщи. Соответствующие им почвы занимают в пределах географических поясов Земли определенные территории, которые получили название *почвенно-биоклиматических областей* (см. «Почвенную карту мира», стр. 256—257).

Наибольшую площадь на поверхности суши занимают тропические почвы. Их тепловой режим наиболее благоприятен для развития разнообразной растительности. На этих почвах выращивают ценные теплолюбивые сельскохозяйственные культуры: сахарный тростник, батат, маниок, кофе, какао, кокосовую и масличную пальму, гевею, банан, ананас и т. д.

В зависимости от продолжительности дождливого периода и общего количества осадков тропический пояс делят на различные почвенно-биоклиматические области.

Влажные тропические области дождевых лесов отличаются чрезвычайно большим разнообразием вечнозеленых растений, дающих огромный ежегодный прирост растительной массы (бассейн Амазонки в Южной Америке, бассейн Конго в Африке, Юго-Восточная Азия). Для влажных тропических лесов характерны красно-желтые почвы, очень бедные минеральными солями, которыми питаются растения. Это объясняется тем, что большинство содержащихся в этих почвах минералов быстро выветриваются, разрушаются, а затем вымываются. В составе минеральной массы красно-желтых почв остаются только каолин, гидроокиси алюминия и железа, часто в виде плотных железистых прослоек (так называемых латеритных кор и слоев). Во влажных тропических областях можно получать в год три урожая риса и многих других однолетних культур, но для этого требуется обильно вносить минеральные и органические удобрения.

Большие площади занимают *засушливые тропические области* с сухим периодом более 4 месяцев в году. Здесь преобладают травянистые саванны, местами листопадные леса, сбрасывающие листву в сухой зимний период. Почвы здесь красные и красно-бурые, также глубоко разложенные и сильно обогащенные гидроокислами железа и каолином. Среди них небольшими массивами встречаются более богатые черные тропические почвы, часто там, где близко к поверхности залегают грунтовые воды или залегают горные породы основного состава. Атмосферные осадки позволяют вырастить в условиях засушливых тропиков в течение года один или два урожая, однако для получения трех урожаев необходимо орошение в сухой период, а для возделывания риса — постоянное затопление. Минеральные удобрения нужно применять для всех почв этих областей, но особенно они важны для красных и красно-бурых.

Наконец, выделяются *области тропических полупустынь и пустынь* со скудным растительным покровом или лишенные растительности (Южная Са-

хара, Аравийский полуостров, Североавстралийские пустыни). Здесь много непригодных для земледелия красноватых песчаных и каменистых почв, а также солончаков, но на суглинистых и супесчаных почвах при регулярном орошении и удобрении можно получать обильные урожаи ценных тропических сельскохозяйственных культур.

Тепловой режим почв субтропиков также благоприятен для земледелия, хотя в зимнее время почвы испытывают значительное охлаждение, но никогда не замерзают. Здесь выращивают важнейшие сельскохозяйственные культуры: чай, цитрусовые, виноград, маслину, инжир, пробковый дуб, грецкий орех, финиковую пальму, лекарственные растения, зерновые культуры. Рис, пшеница, сорго, кукуруза и многие другие однолетние растения могут давать два урожая в год. Именно в субтропиках возникли первые очаги цивилизации, высокоразвитое земледелие с орошением, здесь находятся центры происхождения многих культурных растений.

По количеству выпадающих осадков субтропический пояс также делится на достаточно резко отличающиеся почвенно-биоклиматические области. В пределах пояса преобладают засушливые и пустынные территории, где часто дуют иссушающие пассатные ветры.

Почвенный покров субтропиков своеобразен и значительно отличается от тропиков. Для *влажных субтропических областей*, где растут леса несколько иные, чем в тропиках, характерны желтоземы и красноземы, обычно также глубоко разложенные и обогащенные каолином, гидроокисями алюминия и железа, но, как правило, не имеющие латеритных прослоек. В *засушливых субтропических областях* (Средиземноморье и др.) вместо саванн развиваются сухие леса и кустарниковые степи с плодородными коричневыми и серо-коричневыми почвами, содержащими довольно много гумуса. Пустынные и полупустынные области занимают огромные площади (Северная Сахара, пустыни Центральной Азии, Южной Австралии и др.). В полупустынях распространены сероземы, а в пустынях — засоленные почвы и солевые коры, чередующиеся с обширными площадями развеваемых песков.

В субтропическом земледелии широко применяется орошение. Огромные площади заняты под культурой риса. В Индии, Китае и Японии сложились своеобразные формы высокопродуктивного субтропического земледелия на маленьких участках с использованием различных местных удобрений.

Умеренные пояса Земли с чередованием теплых и холодных сезонов, со снежными зимами и обычным зимним промерзанием почв — это основная житница человечества. На их долю приходится почти половина земледельческих площадей мира, на которых широко развито зерновое хозяйство. Здесь возделываются озимая и яровая пшеница, ячмень, соя, сахарная свекла, подсолнечник, конопля, кукуруза, табак и различные плодовые культуры. На большой площади получают один урожай в год, и только в районах, граничащих с субтропиками, можно повторно высевать скороспелые кормовые культуры. По условиям увлажнения умеренные пояса Земли также разделяются на почвенно-биоклиматические области.

Во *влажных лесных областях* умеренного пояса с преобладанием широколиственных древесных пород, расположенных на океанических побережьях материков, где выпадает много осадков, развиваются бурые лесные почвы. У этих почв гумусовый горизонт выражен слабо, минеральная масса однородна или довольно слабо преобразована, илистые частицы из верхнего горизонта почвы частично выносятся в нижний. Для повышения плодородия этих почв необходимо вносить удобрения и известкование.

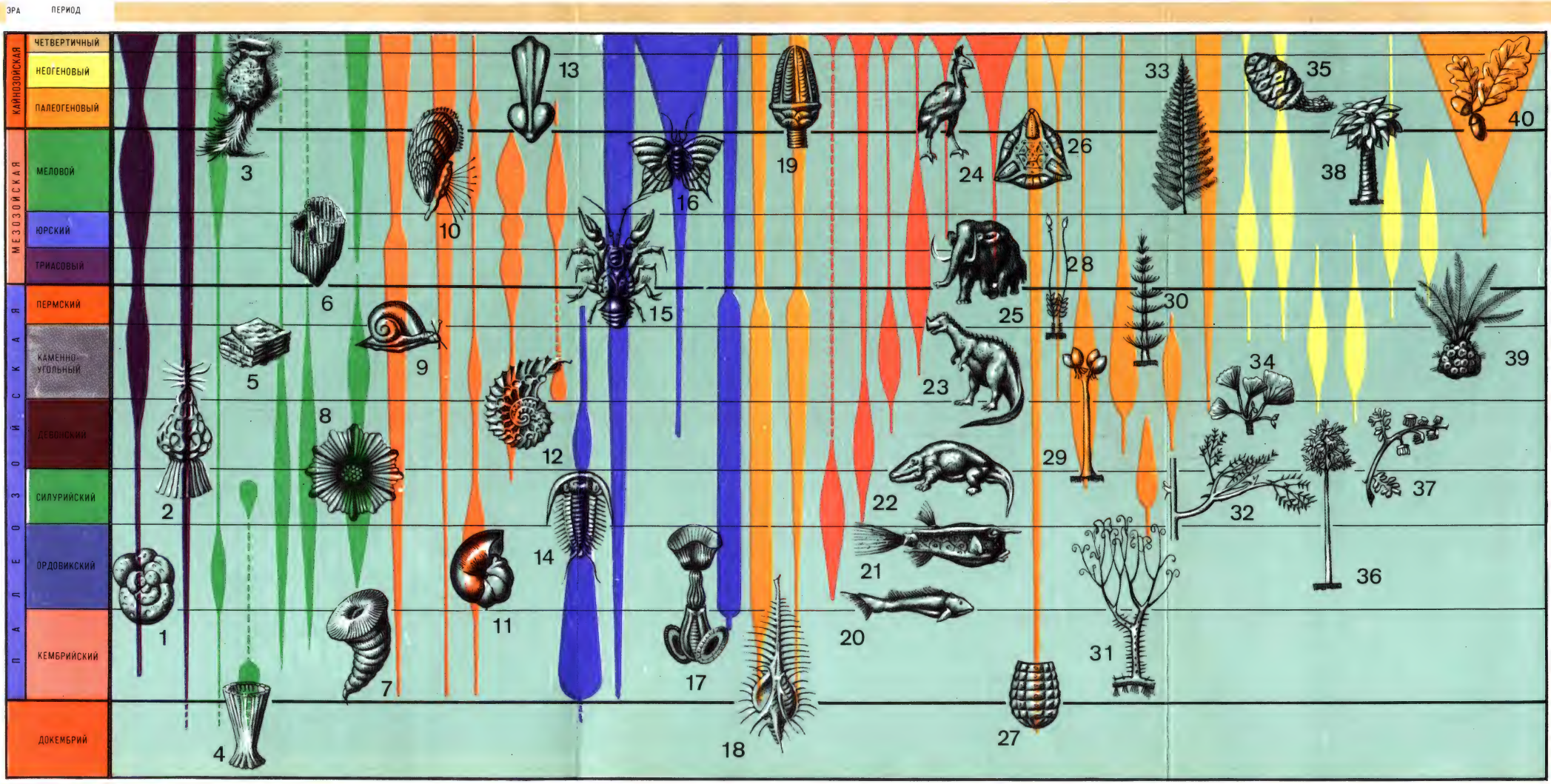
В *степных областях*, где атмосферные осадки умеренные, распространены богатые гумусом плодородные черноземные и каштановые почвы. Природная высокая производительность этих почв часто снижается из-за засух и разрушения их водой и ветром. Основные агротехнические мероприятия направлены здесь на накопление влаги с помощью посадки полезащитных лесных полос и снегозадержания. Важно также сохранять зернистую структуру пахотных горизонтов почв. В более засушливых районах большое значение имеет орошение. Свыше половины черноземов и каштановых почв находится в СССР, это главный пахотный фонд нашей страны.

Полупустыни и пустыни умеренного пояса занимают относительно небольшие площади. Главная область их распространения — Казахстан и Центральная Азия. Для полупустынь характерны бурые полупустынные почвы, бедные гумусом и часто содержащие гипс и легкорастворимые соли в нижних почвенных горизонтах. В пустынях распространены серо-бурые почвы, также засоленные в средних и нижних горизонтах, сочетаются с развеваемыми песками и солончаками, где соли накапливаются на поверхности.

К северу от умеренного пояса расположен умеренно холодный, или бореальный, пояс, с агрономической точки зрения уже недостаточно обеспеченный теплом. В Южном полушарии он не выражен. В пределах умеренно холодного пояса выращиваются серые хлеба (рожь, овес), очень хорошо растут кормовые травы (клевер, тимофеевка), картофель,

Схема геохронологического распространения главнейших групп беспозвоночных, позвоночных и растений

Примечание. На схеме приведены данные о развитии главнейших групп ископаемых организмов: беспозвоночных и позвоночных животных, а также растений. Цветные графики (раскрашенные произвольно) позволяют проследить, когда появились те или иные организмы, в какое время они достигали максимального развития и когда исчезали. Группы организмов, встречающиеся редко в ископаемом состоянии (медузы, паукообразные и др.), в схеме не показаны. В группе беспозвоночных из типа простейших даны фораминиферы (1) и радиолярии (2); из многоклеточных — губки (3), археоциаты (4) и кишечнополостные (5—8), из которых изображены представители класса гидроидных — строматопоры (5) и класса коралловых полипов — табуляты (6), четырехлучевые кораллы (7) и шестилучевые кораллы (8); моллюски: брюхоногие (9), двустворчатые (10) и головоногие — наутилоидеи (11), аммониты (12) и белемниты (13); из членистоногих — трилобиты (14), ракообразные (15) и насекомые (16); мшанки (17); брахиоподы (18); иглокожие (19). Среди позвоночных показаны главнейшие группы (20—25), относимые к типу хордовых. Из них: рыбообразные бесчелюстные, к которым относятся древние панцирные рыбы (20) и современные миноги и челюстноротые — рыбы (21), земноводные (стегоцефал, 22), пресмыкающиеся (динозавр, 23), птицы (фороракус, 24) и млекопитающие (мамонт, 25). Все растения (26—40) разделяются на низшие и высшие. Из низших растений показано распространение водорослей, из которых на схеме изображены диатомовые (26) и харовые (27). Из высших растений — моховидные (кукушкин лен, 28) плауновидные (сигиллярия, 29), членистостебельные (каламит, 30), псилофитовые (псилофитон, 31) и папоротникообразные (32—33). Из голосеменных изображены гинкговые (34), хвойные (35) и кордаитовые (36); птеридоспермиды (семенные папоротники, 37), цикадовые (38), беннеттитовые (39) и цветковые (40).



Почвенная карта мира

ПОЧВЫ РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Полярное почвообразование

1 Арктические и тундровые

Бореальное почвообразование

2 Дерново-торфянистые субполярные
3 Мерзлотно-таежные
4 Подзолистые
5 Серые лесные

Суббореальное почвообразование

6 Бурые лесные
7 Черноземовидные прерий
8 Черноземы
9 Каштановые
10 Бурые полупустынные
11 Серо-бурые пустынные

Субтропическое почвообразование

12 Желто-бурые, желтоземы и красноземы
13 Красновато-черные прерий
14 Коричневые
15 Серо-коричневые
16 Сероземы
17 Пустынные субтропические

Тропическое почвообразование

18 Красно-желтые латеритные* влажных лесов
19 Красные латеритные* саванн
20 Коричнево-красные и красно-бурые саванн
21 Черные и серые тропические
22 Красновато-бурые полупустынь
23 Пустынные тропические

24 Болотные
25 Солончаки
26 Аллювиальные
27 Пески

ПОЧВЫ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Горные почвы, аналогичные по типу почвообразования почвам равнин, показаны соответствующим цветом

28 Горно-луговые
29 Горные лугово-степные
30 Высокогорные пустынные

*Ферраллитные

Масштаб 1:100 000 000

1000 0 1000 2000 3000 4000 км

лен; только в южных районах этого пояса возделываются пшеница и другие более теплолюбивые культуры. Различия по влажности в бореальном поясе невелики: везде произрастают хвойные и смешанные леса таежного типа и сельскохозяйственные культуры достаточно обеспечены влагой.

Бореальный пояс делится на *таежно-лесные* и *мерзлотно-таежные* биоклиматические и агрономические области в зависимости от суровости зимы и глубины промерзания почв.

Для таежно-лесных областей характерны подзолистые почвы, занимающие большие площади в Европейской части СССР, в Западной Сибири и в Канаде. Подзолистые почвы развиваются в условиях постоянного увлажнения. В верхней части профиля подзолистых почв под небольшим гумусовым горизонтом или лесной подстилкой наблюдается белесый подзолистый горизонт, обогащенный кремнеземом, из которого вымыты окислы железа и алюминия. Ниже располагается коричнево-бурый горизонт вмывания, обогащенный этими окислами. На подзолистых почвах хорошо растут леса, но для земледельческого использования необходимы известкование и обильные органические и минеральные удобрения.

Подзолистые почвы чередуются с подзолисто-болотными и болотными, которые имеют верхний торфяной горизонт или состоят из торфа, переувлажнены и нуждаются в осушении.

Мерзлотно-таежные — это наиболее охлаждаемые в зимнее время области бореального пояса (Восточная Сибирь, районы Канады по границе с тундрой). Здесь из-за глубокого охлаждения почв и подстилающих их горных пород в подпочвенном слое образуется вечная, или многолетняя, мерзлота. Летом эти почвы с поверхности оттаивают, в южных районах мерзлотно-таежной области достаточно нагреваются и могут использоваться для возделывания раннеспелых малотребовательных к теплу сельскохозяйственных культур.

Для *полярных поясов* Земли характерны тундровые и арктические почвы, формирующиеся на местах, не занятых ледниками. Тундровые почвы образуются под покровом кустарниково-моховой растительности, имеют небольшой торфяной горизонт, под которым залегает голубовато-серый глеевый горизонт, обогащенный закисными соединениями железа, а на некоторой глубине — слой многолетней мерзлоты, который в зимнее время смыкается с поверхностным промерзанием. Арктические почвы связаны с более холодными и, как правило, более сухими районами полярного пояса, где преобладает разреженный травянистый покров. Они имеют небольшой гумусовый горизонт, близко залегающую многолетнюю мерзлоту и разбиты трещинами от сильного зимнего охлаждения. В полярных областях выращивать культурные растения можно лишь в теплицах, только на границе с бореальным поясом, в долинах рек овощные культуры возделываются в открытом грунте. Полярные почвы используются главным образом как естественные кормовые угодья для оленеводства.

Почвы и сельское хозяйство

Общая площадь возделанных земель на земном шаре превышает 1200 млн. га, из них около 45% приходится на умеренный пояс, приблизительно 23% возделанных земель сосредоточено в тропиках, 17% — в субтропиках и только около 15% падает на умеренно холодный (бореальный) пояс.

Таким образом, наиболее земледельчески освоен умеренный (суббореальный) пояс. Здесь уже использованы все самые хорошие земли, не требующие мелиорации; кроме того, значительные территории заняты естественными сенокосами и пастбищами, городами, поселками и промышленными предприятиями, дорогами, лесами, парками и искусственными водохранилищами. Остались нераспаханными склоны, сухие светло-каштановые почвы, солонцы и почвы пустынь и полупустынь. Дальнейшее расширение земледелия здесь возможно только при дорогостоящей мелиорации и развитии орошения, которое даст лишь небольшое увеличение земледельческой площади, так как водные ресурсы ограниченны. Поэтому главное внимание в СССР и других странах направлено на повышение плодородия почв путем применения удобрений, накопления и сбережения атмосферных осадков в почве и искусственного орошения. Это позволяет повысить урожаи в 2—3 раза при высокой механизации сельскохозяйственных работ.

Тропическому поясу принадлежит второе место в снабжении населения Земли сельскохозяйственными продуктами, хотя площадь его огромна и занимает около половины поверхности суши. Низкая земледельческая освоенность даже лучших в сельскохозяйственном отношении тропических почв объясняется низкой плотностью населения, а также последствиями длительного колониального гнета.

Красно-желтые почвы влажных тропических лесов распаханы в среднем только на 5%, а почвы са

ванн — на 4%. В странах Южной Азии — Индии, Бирме, Китае, Вьетнаме, Индонезии — есть очаги высокого земледельческого освоения. Но огромные массивы земель в Центральной Африке, Южной Америке и Северной Австралии очень мало используются. Площади земледелия здесь могут быть увеличены в 4—5 раз и превысить 1 млрд. га при сохранении существующих лесов. Таким образом, тропики, для которых сейчас характерны ландшафты саванн и пустынь, могут превратиться в обширный зеленый сельскохозяйственный пояс мира. Для развития орошения здесь имеются значительные резервы естественных вод, а также можно накапливать воды тропических ливней.

Уровень сельского хозяйства тропиков в целом еще очень низок. Поэтому возможности повышения сельскохозяйственной производительности земель при применении современных машин, удобрений, расширении научных исследований здесь очень велики. Сборы сельскохозяйственных продуктов при учете вторых и третьих посевов, вероятно, можно повысить в 3—4 раза.

Субтропический пояс в производстве общей сельскохозяйственной продукции занимает третье место, но резервы у земледелия здесь значительно меньше, чем в тропиках. Влажные субтропические области с желтоземами и красноземами распаханы до 25%, а уровень развития земледелия сравнительно высок. Расширять пахотные земли здесь уже нельзя, и необходимо позаботиться о восстановлении чрезвычайно ценных субтропических лесов. Области коричневых и серо-коричневых почв освоены более чем на 15%. Остались свободные площади только на склонах или на каменистых почвах, они требуют мелиорации и специальных мероприятий против эрозии. В полупустынях и пустынях субтропиков есть большие площади орошаемого земледелия. С новым гидротехническим строительством на больших реках (Ниле, Евфрате и др.) орошаемые площади расширятся, насколько позволят водные ресурсы. Применение минеральных удобрений дает значительное увеличение урожайности во влажных субтропиках, а также в других субтропических областях при орошении.

Последнее место в производстве сельскохозяйственной продукции занимает умеренно холодный (бореальный) пояс, где 150 млн. га пахотных земель. Набор культур ограничен из-за недостатка тепла, но здесь много влаги и очень эффективно применение удобрений. Кроме того, земли этого пояса близко расположены к современным жизненным центрам. Расширение земледельческих площадей ограничивают интересы лесного хозяйства, которое имеет также большое значение для жизни человечества. Поэтому главное внимание в этом поясе должно быть обращено на осушение заболоченных и болотных почв и на поднятие урожайности культур с помощью органических и минеральных удобрений.

Оценивая возможности развития и расширения земледелия в будущем, можно сделать следующие выводы:

1. Общая площадь земледелия в мире в целом может быть увеличена в 2 раза, без большого сокращения лесов и пастбищ, главным образом за счет земельных резервов тропиков и частично за счет субтропиков и бореального пояса.

2. Средняя мировая урожайность многих сельскохозяйственных культур может быть увеличена в 2—3 раза за счет улучшения агротехники, мелиорации, широкого применения удобрений и использования новых, более урожайных сортов.

Таким образом, мировое производство сельскохозяйственных продуктов может увеличиться в 4—5 раз, но только при правильной организации и высокой механизации сельскохозяйственного производства. Это реальная перспектива, которая может быть осуществлена, если будут совершены необходимые экономические и социальные преобразования и устранены те препятствия, которые тормозят развитие сельского хозяйства в условиях капитализма.

Растения — повсюду

Трудно найти в мире уголок, где бы не было растений. Мельчайшие из них проникают и в необитаемые высокие горы, в глубины океанов, в кажущиеся совершенно безжизненными пустыни. Даже на снежном покрове Арктики находят налет мелких красных водорослей. Микроскопические растения существуют в живых организмах, одни причиняют вред, как болезнетворные бактерии и грибы, другие приносят пользу в борьбе с вредными же микробами (антибиотики). Мельчайшие, не видимые простым глазом грибы и бактерии проникают и в почву, а некоторые грибы были найдены даже в котлах атомного реактора!

Растительный покров Земли

Растения образуют почти сплошной растительный покров на поверхности Земли — одну из важнейших частей ее биосферы. Ведь, как мы уже видели, только зеленые растения способны, поглощая лучистую энергию Солнца, создавать из углекислоты, воды и минеральных солей органические вещества, т. е. ту растительную массу, которая служит и местом обитания и пищей для животных и человека. Органическую массу растения создают как на суше, так и в водной среде — океанах, морях и других водоемах.

Значение растений для человека огромно. Он вырубал леса, распахивал степи и выращивал на их месте необходимые для жизни растения. Однако, используя природные растительные богатства на протяжении многих веков, люди не могли предвидеть некоторые неблагоприятные последствия своего хозяйствования: во многих странах естественный растительный покров изменился не в пользу человека. На огромных пространствах совсем исчезли тропические леса, лесные области Средиземноморья частично превратились в каменистые пустоши и песчаные пустыни. Размывание, выветривание и снос почвы — эрозия, возникающая в результате нарушения растительного покрова, все шире распространяются по Земле.

Поэтому в наши дни перед учеными, наряду с дальнейшим изучением естественного растительного покрова Земли, встали новые неотложные задачи — сохранить его, восстановить или преобразовать в соответствии со все возрастающими потребностями населения.

Растения и среда

Встает вопрос: почему растения смогли сами так широко распространиться по земной поверхности, даже несмотря на весьма суровые природные условия многих ее областей? Объясняется это необыкновенной приспособляемостью растений к разнообразнейшим условиям существования. Эта способность, или, как говорят, пластичность, поистине беспредельна. Как установлено (см. ст. «Как развивалась жизнь на Земле»), впервые зародившись в океане, растения вышли на сушу и в процессе эволюции, постепенно изменяясь и приспосабливаясь к среде, в ходе естественного отбора, за миллионы лет достигли удивительного разнообразия. Проследим результаты этой изменчивости у некоторых высших растений (имеющих стебель и листья).

У растений тропиков появились приспособления, предохраняющие их от сильного перегрева: блестящая, отражающая солнечные лучи поверхность листьев, у некоторых листья расположены ребром к источнику света. В условиях постоянного холода на севере или высоко в горах растения прижимаются к земле, принимают вид стелющихся кустов или «подушек», сохраняющих тепло. К резкой смене тепла и холода приспособились лиственные деревья, сбрасывающие листву в холодное время года с иссушающими морозными ветрами. У некоторых растений надземные части в этот период совсем отмирают, и они переживают неблагоприятное время в виде клубней или корневищ, залегающих глубоко в почве. Там, где лето очень короткое, растения имеют карликовую форму, они очень рано и быстро зацветают и приносят плоды, начиная свое развитие еще под снегом. Еще разнообразнее приспособление к жизни в воде. Водяные лилии, кубышки, рдесты всю жизнь проводят в водной среде — в их стеблях и листьях образовались необходимые им воздухоносные ткани, и лишь цветок свой они раскрывают для опыления насекомыми на поверхности воды. В жарких засушливых условиях пустынь развились своеобразные растения, которые называют ксерофитами — сухолюбами. Одни из них способны запасать воду в своих утолщенных стеблях и листьях (суккуленты, как, например, кактусы), других от иссушения спасает сокращенная листовая пластинка, жесткие, не вянущие даже в сильную жару листья и ветки.

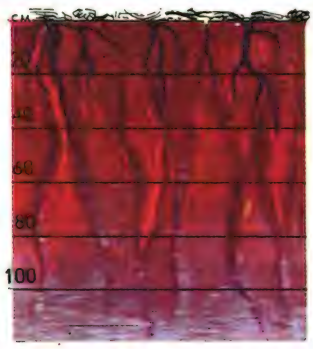
Они испаряют очень мало влаги, но мощно высасывают из почвы ее ничтожные запасы.

Наконец, не менее интересно приспособились растения к химическому и физическому составу почвы. Есть целые группы «специализированных» растений, свойственных только известковым почвам и породам, другие растут лишь на кислых почвах, лишенных извести, или на почвах с избытком азота (при естественном или искусственном удобрении). Только на неплодородных засоленных почвах хорошо растут солянки, кермеки и другие растения-галофиты. На сыпучих песках тоже есть свои формы растений, способные отрастать и глубоко запускать корни и тем самым выживать, если ветер выдувает грунт из-под их корней или же засыпает их движущимися песками. А на голых отвесных скалах высокогорий растения приютились в трещинах, запустив в них мощный корень и выставив наружу лишь небольшую розетку листьев и яркий цветок. Словом, форма и многие свойства растений — результат воздействия внешней среды, с которой они представляют единое целое.

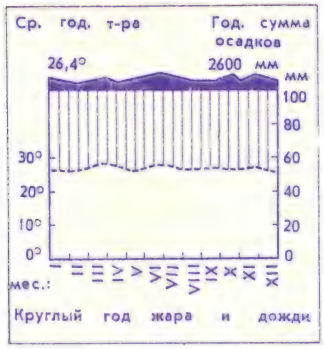
Вечнозеленые влажные («дождевые») тропические леса (Южная Америка).

Растительная масса (в т на 1 га):
надземная — 400;
подземная — 100.
Виды растений:

1. Мора (с досковидными корнями). 2. Эперуа. 3. Гевея (каучуковое дерево). 4. Протиум. 5. Пальма ассаи. 6. Пальма бакава. 7. Эпифиты. 8. Сократея (с ходульными корнями). 9. Лианы и др.



Почвы — латериты. Перегноя мало; подстилка быстро разлагается. Почва окрашена окислами железа в красный цвет, мощная, но малоплодородная; вся пронизана пустотами, через которые проникают вода и воздух. Грунтовые воды часто залегают близко от поверхности.



Календарь климата по месяцам года.

Кривая средних месячных температур. Кривая месячных сумм осадков.

Осадки свыше 100 мм в месяц.

Период засухи.

Период, обеспеченный влагой.

Сообщества растений

Наукой установлено, что различные типы лесной, луговой, степной или пустынной растительности — все это не случайные сочетания отдельных растений, а устойчивые растительные сообщества многих видов, закономерно сложившиеся в результате долговечного приспособления различных видов растений к условиям среды при постоянной взаимной борьбе за существование. Растения в таких сообществах наилучшими и довольно разнообразными способами используют данную среду, приспособлены к ней и друг к другу и находятся как бы во взаимном, более или менее устойчивом равновесии.

Не все растения играют одинаковую роль в таком сообществе. Есть виды с сильной «конкурентной способностью», они легко захватывают обширные участки и определяют основную структуру сообщества. Их называют *эдификаторами*. Если они преобладают численно или по занимаемой площади, их называют доминантами. Это, например, дуб в дубраве или ковыль в ковыльной степи. Очень важна и так называемая *группа характерных видов*, свойственная обычно только определенному сообществу; она указывает на определенные условия среды и помогает при выделении различных сообществ. Другие растения играют менее важную роль в сообществе, как бы заполняя пространство среди растений-эдификаторов. Наконец, бывают и случайные, чуждые, не связанные с данным сообществом виды.

Интересно наблюдать, как полно растения используют в сообществе участок его жизненного пространства. Вот перед нами сложное сообщество — лиственный лес, состоящий из многих «этажей», или ярусов, как говорят геоботаники. Деревья используют основную часть солнечной энергии и черпают

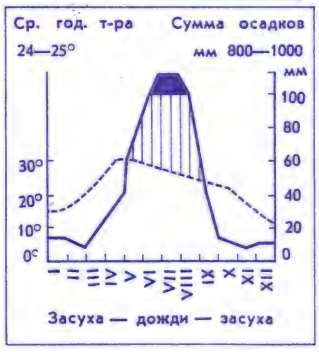
Сухие листопадные (сезонные) тропические леса с участками саванн (Африка).

Растительная масса (в т на 1 га):
надземная — 50—90;
подземная — 5—10.
Всего — 55—100.

Растения: 1. Баобаб Грандидье. 2. Акация спиральноплодная. 3. Коммифора (колючее деревце). 4. Пальма борассус. 5. Масличная пальма. 6. Слоновая трава.

В сухое время леса почти обнажены. Трава выгорает, часто возникают пожары. Во влажный период — буйное цветение деревьев, зеленый мощный травяной покров.

Почвы — красно-бурые (или черные). В сухое время богатый опад разлагается не полностью и перегной окрашивает почву в темные цвета. Часто бывает прослойка железисты соединений и камней.



Календарь климата по месяцам года.

корнями влагу и питательные вещества обычно из очень глубоких слоев почвы.

Под ними поселяются более теневыносливые кустарники, улавливающие солнечные лучи в просветах между деревьями и укореняющиеся в менее глубоких слоях почвы. А травянистые растения нижнего яруса самые теневыносливые, довольствующиеся часто лишь рассеянным светом лесного сумрака.

Но и под травянистым ярусом есть еще один обособленный ярус из мелких и непритязательных растений — мхов и лишайников, которые закрепляются в самых поверхностных слоях почвы и в подстилке. Другие виды мхов и лишайников поселяются на стволах живых деревьев, а иные — на разлагающихся понемногу пнях и колодах.

Такова сложная структура надземной и подземной массы растительного покрова.

Но часто не меньшую сложность растительного покрова можно наблюдать и в горизонтальном плане. Кочковатое болото, например, состоит из кочек, несущих свою особую растительность, и углублений, «межкочий», часто заполненных водой, где растут совсем иные растения. Но все вместе представляют одно целое, называемое *комплексом*.

Наконец, проследив за развитием растительности в течение целого года, можно обнаружить еще так называемую ярусность во времени. Например, в лиственном лесу все развивается по определенному «расписанию». Ранней весной цветут светолюбивые растения эфемероиды, они успевают принести плоды еще до того, как сомкнется зеленый полог распускающейся листвы деревьев. Позднее развиваются травы, и тоже в строго определенном порядке — они поглощают солнечную энергию, цветут и плодоносят, не мешая друг другу.

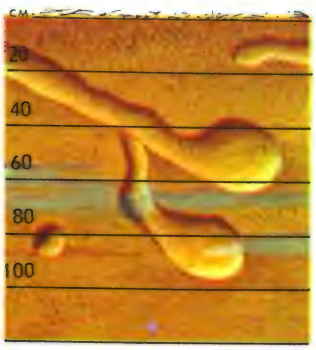
Очень важно понять, что современные растительные сообщества сформировались не сразу. В их об-

Песчаная пустыня (юг Средней Азии, весной).

Растительная масса (в т на 1 га): надземная — 2—5; подземная — 5—10. Всего — около 7—15.

Растения: 1. Песчаная акация. 2. Белый саксаул. 3. Дорема (крупное зонтичное). 4. Осока вздутая. 5. Тюльпан. 6. Мак пустынный. 7. Мятлик живородящий.

Состав сообществ — редкие деревца, кустарники и полукустарники, многолетние травы, переживающие неблагоприятное время в песке в виде клубней, луковиц, корневищ, и однолетники, переживающие это время в виде семян. В начале весны — вспышка роста и цветения. Летом все засыхает и выгорает. Мощные корни многих видов достигают грунтовой воды.



Сыпучий песок, лишь местами закрепленный. В более плотных слоях — норы грызунов (песчанок, тушканчиков), ящериц и змей. Песок конденсирует из воздуха влагу, используемую растениями.

Календарь климата по месяцам года.

разовании важную роль играла конкуренция — соревнование в борьбе за свет, влагу и питательные вещества. Конкуренция, имеющая физико-химический характер, идет и между экземплярами одного и того же вида (внутривидовая) и между растениями разных видов (межвидовая). Чем гуще располагаются растения на участке и чем они крупнее, тем сильнее борьба, в которой часть растений неизбежно угнетается и погибает, выигрывают битву наиболее сильные и интенсивно растущие экземпляры, а из видов — те, которые лучше приспособлены к местным условиям среды. Так складывались сообщества, в которые новому виду проникнуть трудно: все пространство и естественные ресурсы используются членами растительного сообщества.

В относительно устойчивом равновесии сообщество может пребывать очень долгое время. Но ничто не вечно. Сами условия внешней среды, в которой формировалось сообщество, постоянно изменяются. Такие изменения могут происходить очень медленно, в течение целых геологических эпох, например при постепенном изменении климата. Однако иногда условия среды меняются у нас на глазах, в результате какой-либо катастрофы — оползня, землетрясения, сильной эрозии, высыхания водоема, извержения вулкана. Эти причины неизбежно вызывают перемену состава и характера растительности. Но более всего она сейчас меняется под влиянием деятельности человека. В наше время это воздействие настолько сильно, что порой на протяжении жизни одного человека растительный мир целого района изменяется до неузнаваемости. Важно знать закономерности изменения растительности — это позволит получать от нее наибольшую пользу.

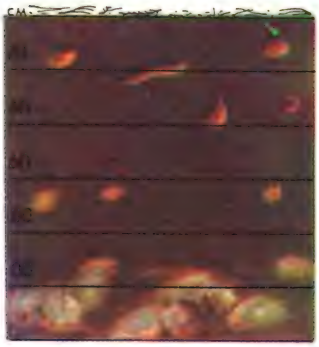
Но прежде всего необходимо изучить и знать объем или вес растительной массы сообществ, их естественную продуктивность и следить за ее изменениями. Какой урожай, в каких условиях может да-

Ковыльная степь (на юге Украины, в середине лета).

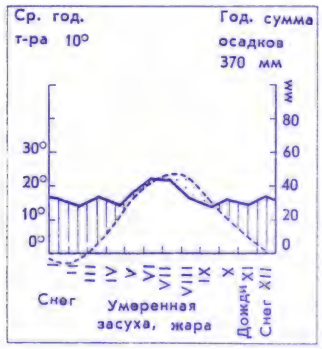
Растительная масса (в т на 1 га): надземная — 4—5; подземная — 20. Всего — около 25.

Растения: 1. Ковыль перистый (2—3 вида). 2. Типчак. 3. Зопник. 4. Ромашник тысячелистный 5. Молочай Жерара. 6. Триния щетинистая. 7. Шалфей дубравный.

Степи — травянистые сообщества континентального сухого климата. Имеют два перерыва в вегетации: в конце лета (засушливый) и зимой (холодный, со снежным покровом). Расцвет степи — весной, в начале лета. Ранее степи были населены множеством копытных и грызунов. Теперь в Европейской части нашей страны они распаханы. Остались только участки в заповедниках. Подземная масса превосходит надземную.



Почва — плодородный чернозем (на лёссах) с мощным слоем перегноя. Богата азотом, фосфором, калием и кальцием. Зернистая структура позволяет проникать влаге и воздуху и предохраняет от испарения. В нижних слоях — скопления гипса и извести. Множество нор и ходов сусликов, кротов и др.



Календарь климата по месяцам года.

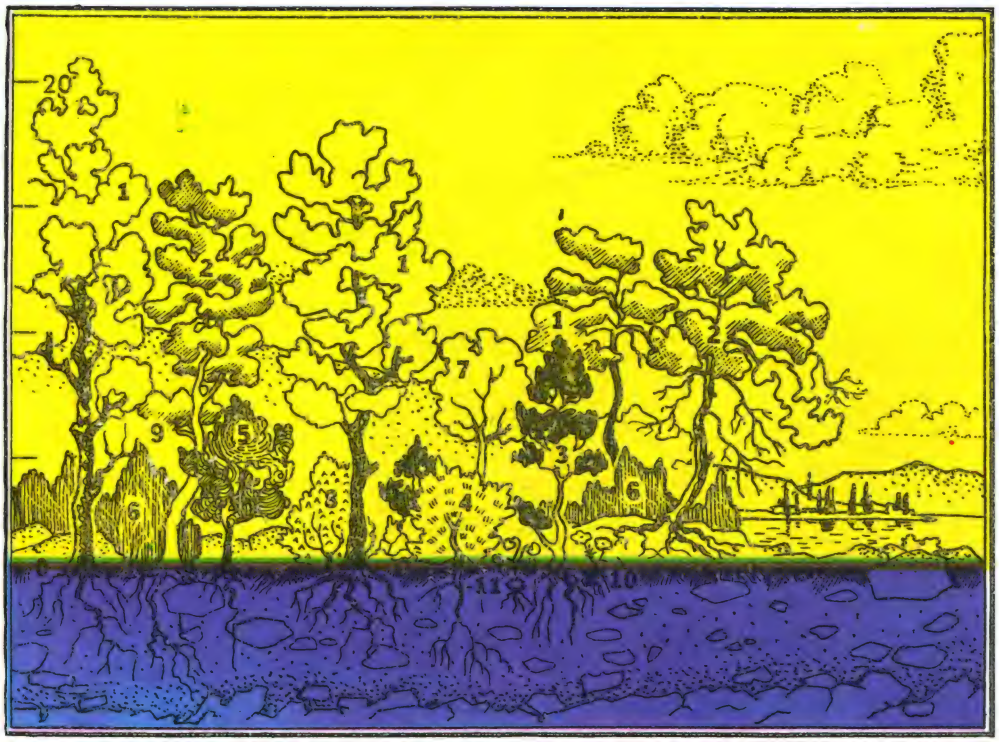
вать и дает в действительности дикорастущее или культурное растительное сообщество? Сколько может дать Земля в разных природных районах? Эти вопросы стали планомерно изучаться лишь в последнее десятилетие. Уже в недалеком будущем людям предстоит принять экстренные меры по преобразованию растительности и остальной природы, чтобы она продолжала кормить человечество.

Изучая растительный покров, нельзя, однако, забывать, что всякое растительное сообщество только часть более обширного сообщества *(биоценоза)*, охватывающего все живые организмы на данном участке: и растения и животных вместе с микроорганизмами. Биоценоз, в свою очередь, лишь часть *биогеоценоза* (или *экологической системы*), совокупности на данном участке всего живого вместе с косной неживой средой. Изучение сложных взаимоотношений между элементами биогеоценозов, их состава, структуры, закономерностей круговорота веществ — сложная, но интереснейшая и необходимая задача, которой занимается специальная наука — *биогеоценология*.

Распространение растений на земном шаре

Какие причины или факторы повлияли на современное распределение растительности на Земле?

Первый самый важный фактор — климат, т. е. совокупность атмосферных условий, в первую очередь общее количество, годовое и суточное распределение света и тепла, а также количество и сезонное распределение осадков — дождя и снега. С климатом связаны продолжительность вегетационного периода и все особенности ритма развития зеленых растений.

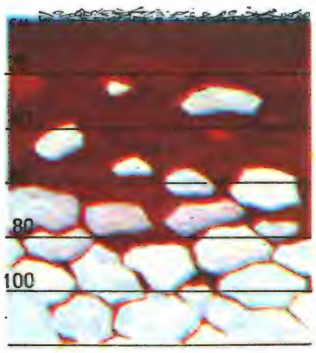


Вечнозеленый жестколистный субтропический лес Средиземноморья.

Растительная масса (в т на 1 га): надземная — 320; подземная — 80. Всего — около 400.

Растения: 1. Каменный дуб. 2. Алепская сосна. 3. Можжевельник финикийский. 4. Земляничник крупноплодный. 5. Лавр благородный. 6. Древовидный вереск. 7. Фисташка скипидарная. 8. Мирт обыкновенный. 9. Сассапариль (колючая лиана). 10. Ладанник. 11. Цикламен.

Жестколистный лес приспособлен к дождливой зиме и засушливому лету. После вырубки верхнего яруса деревьев (каменного дуба, алепской сосны) разрастаются вечнозеленые кустарники. Под пологом темно. Приземных растений мало. Густые, часто колючие чащи бывают труднопроходимыми.



Опад быстро разлагается и почти не образует гумусного (перегнойного) слоя. Окислы железа окрашивают почву в красный цвет. Она достаточно плодородна, но камениста и маломощна. Покоится на массивных известняках, из которых и образовалась в процессе выветривания.

Календарь климата по месяцам года.

Именно поэтому основным типам климата, выделяемым на земном шаре, соответствуют различные *растительные* зоны с характерными для них зональными типами сообществ. Им сопутствуют некоторые другие сообщества, обусловленные различными местообитаниями. Так, например, на равнинах Восточной Европы (на юге лесной области) преобладают дубовые леса, но на песчаных или скалистых грунтах здесь растут сосновые боры, на южных сухих склонах — степная растительность, а в низинах с избыточным увлажнением — болота или ивняки. Так, к особенностям одного и того же климата приспособлен набор растительных сообществ, характерный для данной географической зоны.

В горных местностях наблюдается вертикальная природная зональность, или поясность, которая объясняется влиянием постепенного похолодания климата с высотой. Нижний пояс соответствует зональной растительности той горизонтальной зоны, в которой расположен горный массив. Климат горных поясов изменяется не так постепенно, как на равнинах в направлении с юга на север, а быстро и резко. Например, на Кавказе, поднимаясь вверх, мы из пояса широколиственных дубовых, а затем буковых лесов за 2—3 часа попадаем в пояс хвойных лесов, подобных северной тайге, еще выше достигнем субальпийского пояса с низкорослым криволесьем, кустарниками и пышным высокотравьем и, наконец, альпийского пояса, где распространены лишь сообщества низкотравных лугов, горных тундр и скальных растений. Выше простирается только пояс вечных снегов и льдов с редкими лишайниками.

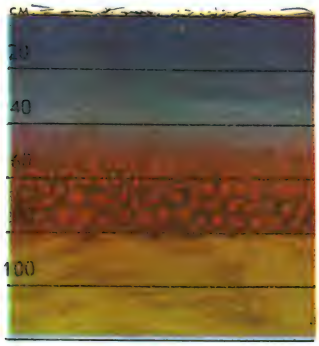
Тип поясности, т. е. определенное чередование вертикальных природных поясов, в горных районах, в условиях различного климата, совсем иной. Так, например, в областях Средиземноморья (Греция, Малая Азия) в нижнем поясе развита вечнозеленая жестколистная растительность, а в верхнем, где

Лиственный летнезеленый лес умеренной зоны (среднерусская дубрава).

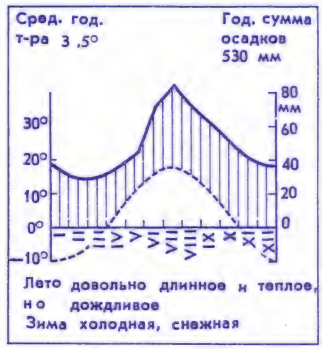
Растительная масса (в т на 1 га):
надземная — 304;
подземная — 96.
Всего — 400.

Растения: 1. Дуб черешчатый. 2. Липа. 3. Ясень. 4. Клен остролистный. 5. Береза. 6. Лещина. 7. Бересклет бородавчатый. 8. Сныть. 9. Осока волосистая. 10. Копытень.

Дубравы растут в умеренно континентальном климате. Сбрасывание листьев позволяет деревьям и кустарникам переносить довольно холодную и снежную зиму. Дубравы имеют богатый видовой состав кустарников и травянистых растений, многие из которых проходят цикл развития весной еще до смыкания листвы крон.



Почвы — серые лесные. Под подстилкой — более или менее темно-серый гумусовый горизонт. Ниже 30 см — светло-серый, переходящий в бурый, ореховый горизонт вмывания. Материнская порода — обычно суглинки.



Календарь климата по месяцам года.

очень сухо, но достаточно холодно, не зеленые альпийские луга, а сообщества колючих растений-подушек. В горных тропических странах имеются свои своеобразные пояса.

Современное распределение растительного мира на земной поверхности тесно связано с *геологической историей* Земли. С ней связаны, например, островки древней, почти всюду уже вымершей растительности, существующей еще в различных районах мира, резкие смены сообществ в пределах одинаковых современных условий или совершенно одинаковая растительность в разных районах. Причиной этих часто трудно объяснимых явлений могут быть древняя обособленность территорий, существование «моста» суши там, где теперь плещется море, или недавнее возникновение гор. Ученые-палеоботаники, изучая пыльцу древних растений, осевшую в слоях торфа, остатки или отпечатки листьев и плодов в геологических слоях, восстанавливают в сотрудничестве с геологами историю растительного покрова земного шара и воскрешают картины давно исчезнувшей с лица Земли природы (см. ст. «Как развивалась жизнь на Земле»). Это важно потому, что только знание прошлого дает нам возможность понять настоящее.

Основные типы растительного покрова Земли

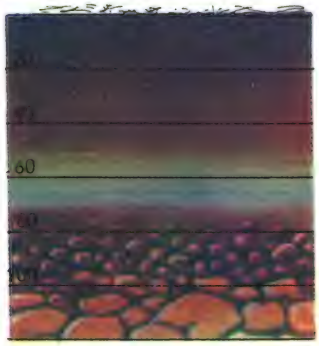
Как распределяются в наше время в разных районах земного шара многообразные растительные сообщества, имеющие различные состав, структуру и ритм развития?

В экваториальной полосе влажных тропиков условия для развития пышного растительного покро-

Темнохвоиная тайга в Восточной Сибири.

Растительная масса (в т на 1 га):
надземная — 250;
подземная — 70.
Всего — 320.

Растения: 1. Кедровая сосна. 2. Пихта сибирская. 3. Ель сибирская. 4. Лиственница сибирская. 5. Осина. 6. Рябина. 7. Смородина (2—3 вида). 8. Лапчатка (дазифора) кустарниковая. 9. Дерен белый



Почва — горно-таежная, с мощным гумусовым (перегнойным) слоем (до 60 см); ниже — светло-серый горизонт, под которым бурый, ореховый слой вмывания. Почва промерзает на долгий период года. Залегает обычно на каменистой материнской породе.

Календарь климата по месяцам года.

ва наиболее благоприятны. Здесь растут вечнозеленые *влажные тропические леса*, или *гилеи*. Их различные сообщества распространены в Западной и Центральной Африке, Южной и Юго-Восточной Азии, на Новой Гвинее, северо-восточном побережье Австралии, а на американском континенте — в Центральной Америке (и на ее островах) и, наконец, самые крупные массивы — в бассейне реки Амазонки. Здесь еще до сих пор сохранились огромные площади девственных влажных тропических лесов, трудно доступных из-за тяжелого климата и других неблагоприятных условий жизни. В Африке эти леса истребляются с угрожающей быстротой для получения древесины и расчистки пахотных земель. Влажные тропические леса равномерно в течение года получают максимум тепла и влаги.

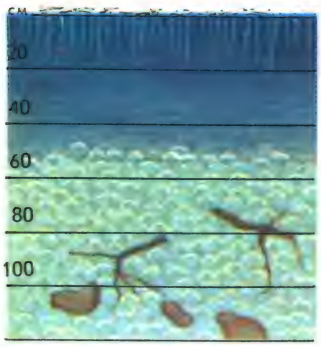
На опушках влажных тропических лесов развиваются непроходимые чащи, обвитые лианами; поражает обилие цветов и красок. Но в глубине леса под тенью высоких деревьев с ровными колонообразными стволами круглый год царит сумрак. Влажный и душный воздух, однообразие и бедность жизни производят гнетущее впечатление. Лишь высоко вверху, там, где начинают ветвиться стволы лесных гигантов и куда проникают еще лучи солнца, сосредоточены почти недоступные взору человека цветы и плоды большинства деревьев, резвятся и кричат обезьяны и попугаи, летают крупные и яркие бабочки. Обычны здесь растения-эпифиты, растущие на деревьях (в развилках ветвей, дуплах, трещинах),— папоротники, орхидеи и бромелии. Необычно велико в этих лесах число видов древесных пород (до 100 на 1 га). Среди них трудно бывает выделить преобладающие, доминантные виды. У деревьев часто встречаются «досковидные», плоские, а также «ходульные» корни, служащие для лучшего укрепления стволов в мягкой и влажной глинистой почве. Листья деревьев доволь-

Кустарничково-моховая тундра (Север СССР).

Растительная масса (в т на 1 га): надземная — 2; подземная — 10. Всего — 12.

Растения: 1. Карликовая береза. 2. Вороника. 3. Морошка. 4. Куропаточья трава (дриада). 5. Пушица. 6. Мак полярный. 7. Стелющиеся ивы. 8. Лисохвост альпийский. 9. Мхи.

Различные типы тундр распространены за Полярным кругом. Часто сухие участки чередуются с заболоченными. Суровая долгая зима, полярная ночь и короткое лето (1—2 мес.) позволяют здесь существовать лишь растениям, очень быстро проходящим цикл сезонного развития — кустарничкам, некоторым болотным растениям, редким злакам и мхам, лишайникам, служащим пищей оленям. Вечная мерзлота вызывает заболачивание.



Почва — торфяно-глеевая. В верхнем слое — влажный торф. Под влиянием постоянного увлажнения под ним развивается глеевый синевато-серый горизонт, содержащий закисное железо. Ниже — слой вечной мерзлоты, в который корни растений не проникают.

Календарь климата по месяцам года.

но однообразны по форме — они напоминают листья комнатного фикуса. Поверхность их кожистая, глянцевитая, по ней легко стекает избыток воды и от нее отражаются обжигающие лучи солнца.

Тропические леса поднимаются довольно высоко и по склонам гор (до 2500—3000 м), но здесь деревья более низкие и корявые.

По плоским берегам океанов распространены *мангры*. Это своеобразные сообщества из низких деревьев и кустарников, имеющих особые корни. Такие корни укрепляют деревья в вязком иле, они хорошо приспособлены к резкой разнице уровня моря при приливах и отливах, а также к соленой морской воде. У многих видов развиты «дыхательные» корни. Они снабжают растения кислородом.

В южной и северной тропических зонах летний дождливый сезон сменяется засушливым периодом в прохладное время года. Средние годовые температуры близки к экваториальным. Здесь растут так называемые *сезонные полувечнозеленые* и *летнезеленые (листопадные) тропические леса*. Переход к ним от влажных тропических лесов постепенный. Особенно резкие отличия времен года наблюдаются в области муссонных ветров, приносящих в теплый период обильные дожди с моря, а в прохладное время вызывающих засуху. Растущие здесь леса называются муссонными.

Среди сезонных лесов можно выделить полувечнозеленые тропические леса с вечнозелеными деревьями и кустарниками в нижнем ярусе и листопадными породами — в верхнем. В листопадных влажных муссонных лесах осадки выпадают лишь во влажный период. Господствуют здесь породы с ценной древесиной — тик и сал. Как правило, все деревья теряют листву в сухой период.

Полоса листопадных сухих муссонных лесов (иногда их называют саванновыми лесами) отличается еще более сухим климатом. Здесь во влажное

время выпадает лишь очень небольшое количество осадков. В сухое время года, которое длится 5—7 месяцев, эти леса производят унылое впечатление. Лишенные листьев деревья не дают тени, земля покрыта желтой высохшей травой, от частых пожаров все покрыто угольной пылью и стоит запах гари. Деревья не высоки. Лишь в Африке огромные баобабы возвышаются над редким лесом. В их толстых стволах запас воды иногда превышает 120 тыс. л. В Бразилии в схожем климате распространена *каатинга*, представляющая собой невысокие заросли колючих деревьев и кустарников. Здесь растут и своеобразные «бутылочные» деревья; в их стволах, напоминающих громадную бутыль, содержатся большие запасы влаги. Много здесь и иных ксерофитов, способных переносить длительную засуху.

На самых окраинах тропической зоны, где сухой период длится также более полугода, лежит полоса *саванн* — сообществ высоких и жестких трав, преимущественно злаков. К концу сухого периода они выгорают на солнце, а иногда их нарочно поджигают люди. Различают парковые саванны (с группой деревьев, обычно акаций), редколесные (с отдельными деревьями или кустарниками) или только с травянистым покровом.

Субтропические зоны с менее жарким климатом служат как бы переходом от тропиков к зонам умеренного климата. В зависимости от количества осадков и их распределения различают *сухие* и *влажные субтропики*. Сухие субтропики тянутся от районов Средиземного моря на восток почти до Гималаев. Климат средиземноморского типа отличается очень сухим и теплым летом и дождливой прохладной зимой. В нижнем поясе, у побережий, растут вечнозеленые жестколистные леса и кустарники — *маквисы*, состоящие из вечнозеленых дубов, лавров, мирта, земляничного дерева с примесью теплолюбивых видов сосен, кипарисов и древовидных можжевельников. В горах Средиземноморья произрастают сухие, преимущественно хвойные леса из пихт, кипариса зонтичного, некоторых сосен или можжевельников. В высокогорьях — каменистые горные степи с редким травянистым покровом и кустарниками, принимающими форму колючих «подушек». Очень схожая по внешнему виду растительность распространена также на западе Северной Америки (в Калифорнии, Техасе) и в Южном полушарии (на крайнем юге Африки и в Австралии).

Леса влажных субтропиков произрастают в схожих температурных условиях, но там, где осадки (как правило, довольно обильные) распределяются более или менее равномерно в течение года: в горах Юго-Восточной Азии и в Гималаях, у нас на Кавказе — в Колхиде и Талыше, в Иране — по южному побережью Каспийского моря, в юго-восточных штатах США, а в Южном полушарии — в Австралии, Новой Зеландии и горах Южной Америки на широте тропика Козерога. Эти леса состоят частью из вечнозеленых (рододендроны, падубы, магнолии), а частью из листопадных пород (дубы, каштаны, буки). Иногда к ним примешиваются хвойные — туи и субтропические виды сосен и др.

В субтропиках есть полоса *пустынь*, которая отчасти захватывает и тропическую область. Наибольшие площади пустыни занимают в Старом Свете, где они протянулись почти сплошной полосой от Сахары через Аравию и Ближний Восток вплоть до Пакистана и Индии. В Америке пустыни встречаются в Калифорнии, Аризоне, Мексике, а в Южном полушарии — на побережье Чили, в Южной Африке и Центральной Австралии. Осадки в пустынях ничтожны — от 0 до 250 мм в год, есть места, где они выпадают даже не каждый год. Для пустынь характерны резкие смены температуры: часто ночью она падает ниже нуля, а днем достигает 50—60°.

Состав бедной растительности пустынь зависит от характера пород и почвы и очень неодинаков в различных районах. Основные растения пустынь — ксерофиты. В Америке это разнообразнейшие суккуленты, главным образом кактусы, в Южной Африке — гигантские молочаи. Разнообразнее растительность в каменистых пустынях *гамадах*, где растения укрываются в трещинах и в тени скал. В галечниковых пустынях она уже значительно беднее. В песчаных пустынях, где пески подвижны и перевеваются ветром, растительность вовсе отсутствует. Но на закрепленных песках в относительно влажный период иногда бурно развиваются растения-эфемероиды с очень коротким периодом вегетации. Растения этих сообществ переносят неблагоприятное засушливое время в виде жестких семян (однолетники) или же в виде подземных клубней и корневищ, укрытых в глубоких слоях песка (многолетники). На засоленных глинистых пустынных почвах разреженный покров образуют галофиты (солянки и др.), приспособившиеся к высокому содержанию солей в почве. Обширные солончаки и соляные корки бывают лишены растительности.

Зона умеренного климата начинается полосой пустынь, полупустынь и степей, непосредственно примыкающих к полосе субтропических пустынь, а кое-где отделенных от нее горными массивами.

Пустыни зоны умеренного климата расположены во внутренних засушливых районах континентов. Обширные площади они занимают, однако, лишь в

Средней и Центральной Азии и в Иране (в Америке большая часть их расположена в субтропической зоне). От пустынь жарких зон они отличаются суровыми зимами, часто со снежными метелями. Однако весной в наших среднеазиатских песчаных пустынях настоящий сад — цветут тюльпаны и другие луковичные растения, колосятся злаки и осоки. Кое-где среди песчаной пустыни растут даже редкие и низкие «леса» из саксаулов, джузгунов, кандымов. Такое богатство растительности этих пустынь объясняется тем, что песок ночью конденсирует влагу, используемую корнями растений. В других типах наших пустынь — глинистых, солончаковых и каменистых (гипсовых) — растительность значительно беднее и состоит из немногих видов, приспособленных к тяжелым условиям существования.

Полупустыни — это как бы переход от пустынь к степям. Растительный покров их разрежен и часто имеет пятнистую структуру. Здесь сочетаются в комплексе растения степей (дерновинные злаки) и пустынь (различные виды полыней и солянок). В нашей стране полупустыни тянутся полосой от южного Заволжья до озера Зайсан на востоке, встречаются также в Закавказье и в горах Средней Азии.

Степи — растительные сообщества с мощным травянистым покровом — мало где сохранились в своем первобытном виде. Они уже давно распаханы, их плодородные черноземные почвы дают высокие урожаи зерна. В Европейской части СССР сохраняются лишь заповедные участки степи. В Азиатской части есть еще кое-где нетронутая целина. Степи, так же как полупустыни и пустыни, развивались в сухом континентальном климате. Осадков в степи выпадает мало. Летние засухи и иссушающие зимние морозы и ветры препятствуют росту древесной растительности — она, как правило, в степи отсутствует. Небольшие островки леса встречаются лишь по балкам и долинам рек, где есть почвенная влага. В отличие от саванн степи имеют не один период покоя, вызванный резкой засухой, а два перерыва вегетации: один — в середине лета, когда под влиянием засухи степь «выгорает», а другой — зимой, когда прекращается жизнедеятельность растений.

Полоса степей протянулась у нас от Молдавии на западе до Алтайских гор на востоке. Есть степи также и в Забайкалье. В Северной Америке им соответствуют так называемые *прерии*, занимавшие когда-то центральную часть континента. Теперь они также почти всюду распаханы. В Южном полушарии сообществ, соответствующих степям или прериям, нет.

Для степи характерно большое разнообразие и богатство видов растений. Здесь и засухоустойчивые (ксерофильные) злаки — типчак, ковыль, тонконог — и многие двудольные растения. Травостой часто бывает многоярусным. Степь много раз в течение года меняет свой облик, свои краски, что связано с цветением различных трав. В конце лета в степи можно видеть и перекати-поле — так называют различные оторвавшиеся от корня растения, которые, как шар, катятся по степи, разбрасывая свои семена. Различают северные луговые степи с более влажным климатом, где больше умеренно влаголюбивых видов, разнотравно-ковыльные степи, лежащие южнее, и, наконец, самые сухие — южные, бескрасочные (из-за бедности цветущими двудольными) ковыльные степи.

При дальнейшем продвижении по Русской равнине к северу мы попадаем в переходную полосу *лесостепи*. Лесные островки занимают здесь более увлажненные участки, а степи — наиболее сухие и теплые. Человек сильно изменил всю природу этой области. В Северной Америке полоса лесостепей лежит между центральными степями (прериями) и зоной лиственных лесов, занимающей восточную часть континента.

В более прохладной северной части зоны умеренного климата, где выпадает уже достаточное количество осадков (не менее 450—500 мм), а зимы хоть и холодные, но не слишком суровые, лежит полоса *лиственных листопадных (летнезеленых) лесов*. Они занимают окраинные части континентов, где чувствуется еще влажное влияние морей и океанов. Произрастают они преимущественно в Западной и Средней Европе (до Урала), в Восточной Азии и на востоке Северной Америки. На равнинах леса сильно изрежены или вовсе сведены (земли распаханы). В горах они сохранились лучше — их там берегут в водоохранных целях. Климат, соответствующий этим лесам,— умеренно прохладный, а осадки распределены в течение года более или менее равномерно. Холодной зимой наступает длительный перерыв вегетации, а умеренно теплый вегетационный период с обильными осадками длится не менее 4—5 месяцев. Именно эта область и имеет привычные для нас хорошо выраженные четыре времени года. На западе Европы климат лиственных лесов более мягок; здесь преобладают дубово-березовые, дубово-грабовые и буковые леса, в горах часто с пихтой или елью. На востоке нарастает континентальность и появляются дубовые леса из черешчатого дуба, на легких почвах часто и с сосной. В поймах рек и долинах растут влаголюбивые тополевые или пойменные дубово-ясеневые леса.

В восточной части Америки в схожих условиях растут смешанные леса из лиственных пород (с при-

месью хвойных) — буковые, кленовые, березовые, дубово-каштановые. Особое лесное сообщество произрастает далее к западу, доходя до границ прерий; для него характерны много дубов (белокорый дуб и др.), орех-гикори, ясени, тюльпанное дерево. В Южном полушарии, в Чили, Новой Зеландии и Австралии, в условиях резко океанического дождевого климата, встречаются и вечнозеленые леса умеренной зоны с лавровыми, магнолиями, бамбуками.

Полоса *бореальных хвойных лесов*, или тайги, связана со значительно более холодным и континентальным климатом с суровыми зимами, сильными морозами и очень долго лежащим снежным покровом. В области тайги Азии и Америки отмечены самые низкие температуры (за исключением Антарктики), лето короткое, но относительно теплое, вегетационный период длится от 3 до 5 месяцев. Большая часть тайги лежит в полосе вечной мерзлоты. Из-за ее водонепроницаемости поверхность почв здесь часто бывает заболочена.

В Евразии хвойные бореальные леса состоят преимущественно из разных видов ели, пихты, лиственницы, реже — некоторых видов сосен (как наша сибирская кедровая сосна). На скалистых почвах или песках их сменяет сосна обыкновенная. На севере американского континента кроме ели, пихты и сосны распространены также сообщества с тсугой, дуглассовой пихтой, секвойей, кипарисовиком. Поверхность листовой пластинки деревьев, сокращенной до узкой формы хвои, и огромное число этих хвоинок позволяют деревьям интенсивно использовать солнечную энергию в короткий вегетационный период и в то же время предохраняют их от иссушающего действия морозов и ветров.

На территории СССР тайга разделяется на три подзоны, или полосы: северную, среднюю и южную. В южной уже очень важную роль играет и примесь широколиственных пород. В более южных областях хвойные леса бореального типа находят подходящие климатические условия лишь высоко в горах — в Пиренеях, Альпах, Карпатах, Балканах и у нас на Кавказе, где они распространены в основном в поясе 1—2 тыс. м.

Субарктическая зона, лежащая севернее зоны хвойных бореальных лесов, включает в себя переходную полосу лесотундры и субарктическую тундру. *Лесотундра* характерна постепенно изреживающейся к северу угнетенной лесной растительностью, нормальное развитие которой здесь уже невозможно. Самой северной границы распространения деревьев достигают в Америке ели, лиственницы и пихты, а в Евразии — сосна, ель и лиственница и только в Исландии и Скандинавии — береза. Причина угасания леса к северу — недостаток тепла, сокращенный вегетационный период и иссушающее действие сильных и холодных ветров. Участки между деревьями заняты уже тундрой.

Еще севернее, по всей северной окраине континентов, раскинулась необъятная *тундра*. В этой полосе деревья уже не растут, а растительные сообщества состоят из кустарничков с поверхностной корневой системой (из-за вечной мерзлоты почвы) и часто с вечнозелеными жесткими листочками и из мхов и лишайников, очень неприхотливых растений, способных выносить и мороз, и временное высыхание, и избыточное увлажнение. Вегетационный период для всей этой растительности здесь обычно не превышает 2—2,5 месяцев.

В *Арктике* (в узком смысле) часто преобладает ледяная пустыня, но местами, например в Гренландии или на некоторых полярных островах, все же существуют условия для произрастания даже бедного березового криволесья не более полуметра высотой. Как правило, в этих широтах на местах, свободных ото льда, кое-где встречаются низкие лужки, ковры, стелющиеся кустарнички и растения-«подушки». Все они не превышают 2—3 см. Скалы бывают покрыты причудливыми пестрыми пятнами лишайников.

В *антарктической зоне*, окружающей Южный полюс и захватывающей некоторые острова и Антарктиду, сообщества высших растений распространены только на островах. Тут встречаются еще низкорослые леса из миртовых и древовидных папоротников, а еще ближе к полюсу — бедные пустоши из подушковидных злаков и разнотравья. Антарктический континент, где почти всюду средняя температура самого теплого месяца ниже 0°, представляет собой ледяную пустыню. На нем найдено только два вида цветковых растений, а скалы, лишенные снега, покрыты ковром из очень малого числа видов мхов и лишайников.

Такова в общих чертах картина растительного покрова нашей планеты. Комплексное изучение растительных сообществ в тесной связи с другими компонентами природы и хозяйственной деятельностью человека будет способствовать разработке мер и планов преобразования, устройства и сохранения растительных ландшафтов, что обеспечит человечеству в будущем неисчерпаемость природных ресурсов.

Жизнь в океанах и морях

Мы уже знаем (см. ст. «Как развивалась жизнь на Земле»), что первые живые существа развивались в океане. Вода защищала их от воздействия ультрафиолетовой радиации. Озонового экрана в высоких слоях атмосферы тогда еще не было, поэтому губительные для всего живого ультрафиолетовые лучи Солнца беспрепятственно достигали поверхности земного шара.

Миллиарды лет совершенствовалась жизнь в океане, прежде чем появились животные, которые смогли жить на суше. Теперь на суше живет значительно большее число видов животных и растений, но все же жизнь в океанах богата и разнообразна, а многие растения и животные встречаются только здесь. В водах океана обитают самые разнообразные представители животного мира — от простейших одноклеточных до млекопитающих. Да из паукообразных и насекомых попадается всего несколько видов морских клещей и клопов. Всего же в океанах насчитывается около 180 тыс. видов животных и 20 тыс. видов растений. Водная среда отличается от воздушной: в ней иначе распределяется температура; на больших глубинах существует огромное давление воды; солнечный свет проникает только в самые верхние слои.

Условия существования морской флоры и фауны

Для организмов, обитающих в океанах и морях, особенно важны такие свойства воды, как высокая теплоемкость, малая теплопроводность и большая растворимость в ней различных веществ. Благодаря высокой теплоемкости воды температурный режим океанов не меняется так резко, как на суше. Это важно как для холоднокровных, так и для теплокровных животных. Им не нужно приспосабливаться к резким переменам температуры окружающей среды. Вода океанов нагревается медленно и так же медленно отдает тепло в атмосферу. Поэтому самой теплой она бывает тогда, когда жаркое лето на суше уже заканчивается. Вода океанов хранит громадные запасы тепла и в течение зимы отдает его воздуху, что существенно влияет на климат окружающих территорий. Средняя температура поверхностного слоя воды Мирового океана около +17°, а приземного слоя воздуха — только +14°. Суточные колебания температуры воды у берегов, в небольших заливах и бухтах, больше, чем в открытом море. Более значительны сезонные изменения температуры воды в умеренных областях Северного и Южного полушарий.

Сезонные различия температуры наблюдаются лишь в верхнем слое — до глубины 500—1000 м. На глубинах свыше 1000 м температура морской воды в течение всего года изменяется очень мало.

Важнейшее условие жизни в океане — это растворенный в воде кислород, которым дышат морские организмы. Источник кислорода в воде — преимущественно водоросли, в которых осуществляется фотосинтез, поэтому в поверхностных слоях кислорода больше, чем в глубинных. В газах, растворенных в воде, кислорода в среднем 35% (в атмосфере его 21%). Морские растения, как и растения суши, содержат зеленый пигмент хлорофилл. Благодаря ему водоросли могут использовать энергию солнечного света при химических процессах внутри клетки; так осуществляется процесс фотосинтеза. Вода, захваченная растениями, сначала разлагается на водород и кислород. Затем кислород выделяется из клетки, а оставшийся водород соединяется с углекислым газом, поглощенным из окружающей воды. Так образуются углеводы (глюкоза, крахмал). Затем в теле водоросли за счет соединения углеводов с фосфором, азотом и другими элементами, поглощенными из воды, образуются белок и другие органические вещества. Морские животные получают их уже в готовом виде. Растительноядные поедают водоросли, хищники — различных животных, а есть такие животные, которые питаются в основном остатками организмов.

Морские течения хорошо перемешивают воду, и кислород распространяется до дна океанов. Местами, где перемешивание глубинных вод затруднено, как, например, в Аравийском море, на глубинах более 100 м, а в Черном — свыше 200 м, нет свободного кислорода.

Здесь, кроме бактерий сероводородного брожения, другие организмы существовать не могут, и воды насыщаются сероводородом.

В воде океана растворено более 70 элементов. Главные из них по весу — соединение хлора и натрия, т. е. обычная поваренная соль. В среднем в 1 кг океанической воды содержится 35 г всех веществ.

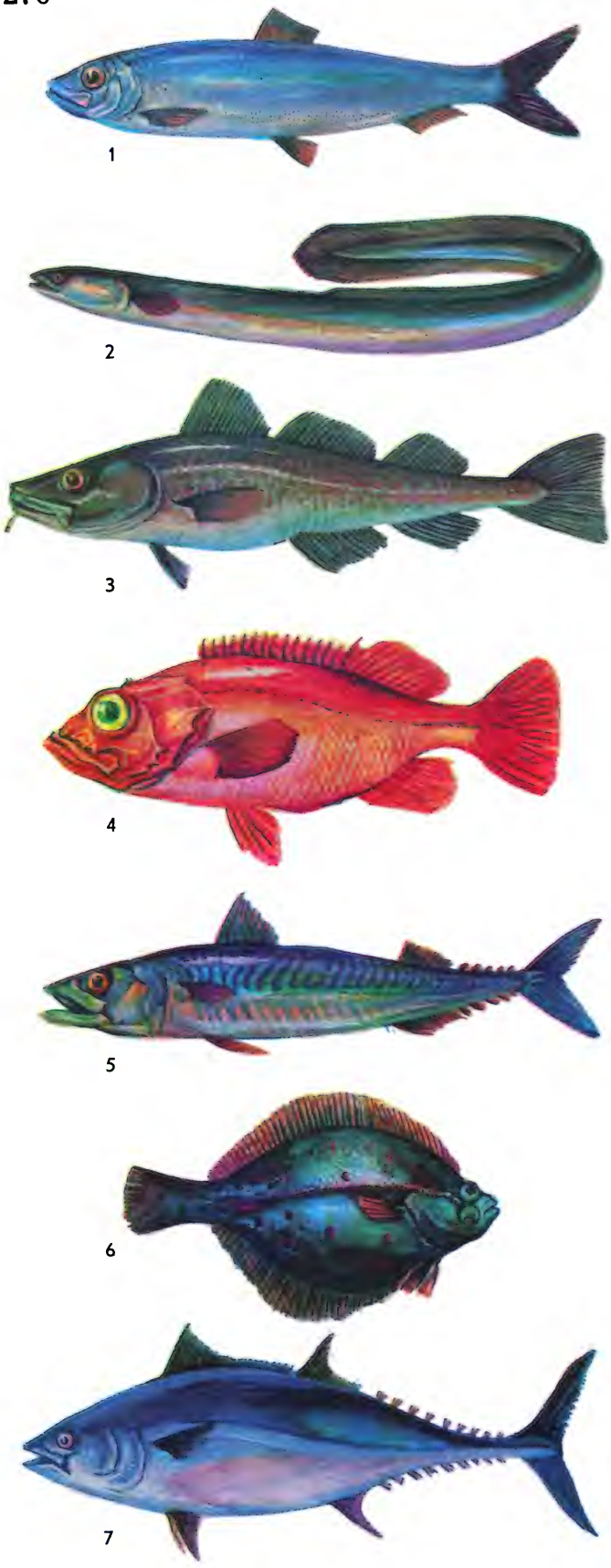
Если выпарить всю воду океанов, то дно их оказалось бы покрытым 133-метровым слоем соли, а если ее рассыпать по поверхности континентов, то получился бы слой в 320 м.

В поверхностных слоях воды и неглубоких прибрежных местах океанов и морей развиваются разнообразные водоросли. Среди них громадное количе-

Жизнь моря. 1. Бурые водоросли. 2. Морская трава. 3. Фукус. 4. Морской конек. 5. Рыба-игла. 6. Треска. 7. Камбала. 8. Краб съедобный. 9. Актинии. 10. Морская звезда. 11. Устрица. 12. Морской еж. 13. Осьминог. 14. Губка. 15. Гренландский кит. 16. Сельдь. 17. Ставрида. 18. Бонит. 19. Корифена. 20. Летучая рыбка. 21. Тунец. 22. Сельдяная акула. 23. Рыба-прилипала.

По условиям существования всех обитателей Мирового океана разделяют на 4 основные группы: планктон, нектон, бентос, нейстон (см. стр. 273—274). На рис. показаны отдельные представители этих групп, а также пищевые связи между ними, идущие от поверхностных слоев воды, где под действием солнечных лучей развивается растительность, в более глубокие слои.

24. Аргиропелекус.
25. Кальмар.
26. Глубоководный кальмар.
27. Кашалот. 28. Гигантский кальмар. 29. Креветки акантэфиры. 30. Хаулиод.
31. Бентозаурус.
32. Ультраабиссальная рыба.
33. Рыба-факел.
34. Равноногое ракообразное.
35. Голотурия. 36. Офиура.
37. Многощетинковый червь. 38. Морская лилия.
39. Асцидии.



Промысловые рыбы океанов.

1. Сельдь.
2. Угорь.
3. Треска.
4. Морской окунь.
5. Скумбрия.
6. Камбала.
7. Тунец.

ство мелких одноклеточных, живущих в толще воды,— это фитопланктон — и прикрепленных ко дну в прибрежной зоне крупных водорослей — фитобентос. Среди фитопланктона «пасется» громадное количество зоопланктона: рачков, червей и других мелких животных. Здесь же живут и откармливаются личинки многих донных животных, которые во взрослом состоянии прирастают ко дну или зарываются в ил (кораллы, моллюски, морские ежи и др.). Зоопланктон служит пищей кильке, сельди и многим другим рыбам, а также китам. Жители больших глубин — это фильтраторы, детритоеды или хищники. Фильтраторы процеживают большие количества воды, чтобы получить пищу — мелкие водоросли, животных и различные остатки — детрит. Среди обитателей дна много илоедов. Заглатывая ил, они питаются тем детритом, который находится среди минеральных частичек ила. Материковые воды смывают различные вещества с поверхности суши и удобряют океан. Течения, перемешивая воду, разносят эти вещества по всему океану. Отмершие организмы разлагаются бактериями на дне океана или в толще вод, пополняя их азотом, фосфором, калием и другими веществами, необходимыми для жизни растений.

В пополнении минеральными питательными веществами поверхностных слоев воды, где живут водоросли, особенно большую роль играет процесс вертикального перемешивания и подъем глубинных вод. С помощью водорослей минеральные вещества опять вступают в круговорот жизни: неорганические питательные вещества — водоросли — животные — бактерии — питательные вещества.

Моллюски, кораллы, большинство губок, морские ежи и звезды, черви, мшанки, а также некоторые водоросли (литотамнии) извлекают из воды большое количество углекислого кальция, приносимого реками с материков. Он идет на построение раковин, панцирей и скелетов, содержащих известь. Почти все растворенные в воде вещества необходимы различным обитателям океанов и морей. Благодаря деятельности организмов поддерживается определенный солевой состав океанской воды.

Для нормальной жизни растениям необходим солнечный свет. Солнечные лучи не проникают на большие глубины моря. Это объясняется прежде всего тем, что часть солнечных лучей отражается от поверхности воды. Чем ниже солнце над горизонтом, тем больший процент лучей отражается от морской поверхности, поэтому в полярных морях свет проникает на меньшую глубину, чем в экваториальных водах. Вода очень сильно поглощает и рассеивает свет. С глубиной спектральный состав луча ме-

Морские звезды.

Рыбы коралловых рифов.

Актиния.

Медуза.

Голотурия.

Планктон. Состоит из малоспособных к самостоятельному передвижению мелких водорослей и животных. Они передвигаются пассивно — морскими течениями и ветром. Планктон оказывает огромное влияние на химические и физические свойства воды, является источником питания для важнейших промысловых рыб и беззубых китов.

няется. Красные лучи быстро поглощаются верхними слоями воды и исчезают на глубине 10 м, оранжевые исчезают на глубине 100 м, а зеленые — на глубине 500 м, и только синие проникают до 1000 м. Водоросли особенно нуждаются в красных и оранжевых лучах и в меньшей мере — в зеленых. Поэтому водоросли в море встречаются в основном на глубине до 100 м, реже — до 200 м. Животные в свете непосредственно не нуждаются и населяют воды океана до самых глубин. Всю многокилометровую толщу вод океана можно разделить на два «этажа»: верхний — световой, в котором водоросли синтезируют органическое вещество, и нижний (глубже 200 м), где живут организмы, только потребляющие готовое органическое вещество.

До недавнего времени считалось, что глубины океана свыше 6 км безжизненны, так как никакой живой организм не может вынести громадного давления воды. Ведь с погружением в глубину на каждые 10 м давление увеличивается на 1 атм. Но советские ученые доказали, что и на самых больших глубинах существуют одноклеточные — фораминиферы, губки, кишечнополостные, черви, ракообразные, моллюски, мшанки, иглокожие и даже рыбы. Глубоководные обитатели приспособились к жизни и при большом давлении. В их теле нет воздушных полостей, а вода, которую они содержат, сжимается очень мало, поэтому давление внутри организма легко уравновешивает давление извне. Многие рыбы и раки с больших глубин поднимаются к поверхностным слоям. Их часто можно встретить на глубине менее 1000 м. Подняться выше 200 м глубоководным животным мешает высокая температура поверхностных вод. На большой глубине, где они живут, температура воды только 2—3°, а в поверхностных слоях она обычно выше 10°, а иногда достигает даже 20°. При низких температурах все жизненные процессы идут замедленно. Организмы растут не так быстро, как в теплых поверхностных слоях океана, поэтому и малое количество пищи, которое они находят на дне, обеспечивает их жизнедеятельность.

Жители глубин находятся в постоянном мраке, одни из них слепые, у других глаза имеют «телескопическое» строение, позволяющее улавливать малейшие проблески света. Некоторые животные имеют специальные «фонари», светящиеся различными цветами. Так, например, на голове рыбки малокостеус одна пара световых органов излучает красный свет, а другая пара — зеленый. У некоторых кальмаров световые органы испускают голубой свет. Есть

животные, у которых в организме накапливается особая светящаяся жидкость. В момент опасности животное выпускает ее и скрывается от врага за светящимся «туманом».

Многие глубоководные существа имеют различные органы, которые помогают им воспринимать звуковые волны. В кромешном мраке надо суметь уловить движение далеко плывущего врага или, наоборот, определить местонахождение желанной добычи. В отличие от света звук хорошо распространяется в воде — почти в 5 раз быстрее, чем в воздухе (около 1500 м/с).

У глубоководных рыб поражает величина пасти и обилие зубов. У некоторых челюсти могут раздвигаться широко, как у змей, и маленький хищник в состоянии проглотить жертву большего размера, чем он сам.

Чем ближе к поверхности, тем богаче и разнообразнее становится жизнь. Из 180 тыс. видов морских животных в верхних слоях (до 500 м глубины) обитает более 100 тыс. видов.

Условия жизни в море весьма благоприятны. В нем растения со всех сторон окружены питательным раствором, а на суше они добывают корнями из почвы воду и растворенные в ней питательные вещества. Чтобы держаться на земле, живым существам необходимы крепкие корни или сильные конечности. На суше самое большое животное — слон, а в море — кит, который в 20—25 раз тяжелее слона. Такое огромное животное на суше не смогло бы передвигаться и погибло бы. Другое дело — в воде. На всякое тело, находящееся в воде, как известно, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная весу вытесняемой телом жидкости. Вот почему кит при его громадном весе затрачивает во много раз меньше усилий при движении в воде, чем требуется на суше животным даже меньшего размера.

Состав обитателей морей и океанов

Благоприятные условия жизни способствовали развитию в море величайшего разнообразия организмов. Всех обитателей морей по условиям их существования разделяют на четыре основные группы: планктон, нектон, бентос и нейстон.

К *планктону* относятся различные микроскопические водоросли (диатомеи, перидинеи, сине-зеленые), одноклеточные животные (глобигерины, радиолярии

Морская капуста, выброшенная прибоем на берег.

и др.), мелкие рачки, медузы, некоторые черви, личинки донных животных, икра и мальки многих рыб. Слово «планктон» — греческое, оно означает «блуждающий», «носимый». Действительно, все эти обитатели моря пассивно переносятся движением воды часто на значительные расстояния. Активно они плавают преимущественно вертикально — вверх или вниз. Днем многие животные планктона опускаются в глубину, а вечером поднимаются в поверхностные слои. За планктоном движутся рыбы, которые им питаются. Эта суточная вертикальная миграция зоопланктона имеет большое значение в жизни океана. Как ни малы по своему размеру планктонные организмы, их количество в морях и океанах огромно. Первичная продукция фитопланктона в 3 тыс. раз превышает годовую продукцию рыб в Мировом океане. Количество планктона резко уменьшается с глубиной. Растительный планктон живет только в верхних слоях моря до 100 м, реже до 200 м. Примерно 65% всей массы зоопланктона обитает в слое воды от поверхности до 500 м глубины. Вес планктона в 1 $м^3$ воды на глубине свыше 5 тыс. м в тысячу раз меньше веса планктона в 1 $м^3$ поверхностного слоя.

К *нектону* относится большинство рыб, ластоногие животные (тюлени и моржи), китообразные (киты, кашалоты), головоногие моллюски (кальмары, осьминоги и др.), морские змеи и черепахи. По-гречески «нектон» — плавающий. Животные, которые относятся к нектону, имеют обычно хорошо обтекаемую форму тела, помогающую им быстро двигаться в воде. Догнать некоторых рыб и дельфинов нелегко даже быстроходному судну.

Фантастический мир подводного царства.

Гигантский головоногий моллюск — кальмар. Отдельные экземпляры достигают в длину 12—18 м.

Большинство рыб и млекопитающих совершают дальние путешествия — миграции. С наступлением времени икрометания многие рыбы объединяются в миллионные косяки, которые занимают иногда площадь в несколько десятков километров. Путешествуя от места откорма к районам нереста (икрометания), рыбы проплывают сотни и тысячи километров. Многие рыбы идут на нерест из моря в реки. Этих рыб называют проходными в отличие от морских. Другой тип миграции наблюдается у угря. Взрослые самки угрей отправляются на нерест из рек в океан. Европейские угри мечут икру в водах Саргассова моря. Для этого они преодолевают путь в 7—8 тыс. км. После нереста взрослые угри погибают, а личинки атлантическим течением переносятся к берегам Европы. На это уходит почти 3 года. Повзрослевшие мальки самок угря входят в реки, где живут много лет, пока не станут взрослыми. Самцы в это время живут в прибрежных водах. Из американских рек угри тоже плывут в центральную часть Атлантики. Но их путь короче и мальки растут быстрее, а через год они входят в реки. Почти 5 тыс. км проходят киты до теплой части океана, где появляются на свет их детеныши. Вместе с молодыми китами родители отправляются на откорм обратно в прохладные воды на север и на юг от тропических вод. Дальние путешествия совершает беломорское стадо гренландских тюленей. Летом они откармливаются в водах, омывающих Шпицберген и Землю Франца-Иосифа, а зимой приходят рожать детенышей в горло Белого моря.

В сообщество *бентоса* входят животные и крупные водоросли. По-гречески «бентос» — «глубинный». Дно моря служит бентосу постоянной опорой, например для кораллов и моллюсков, или временной, например для камбалы. Некоторые представители бентоса поселяются на прибрежных скалах и пляжах выше уровня воды, куда доходят лишь брызги волн; есть и такие, которые живут на днищах кораблей.

В распределении бентоса наблюдается вертикальная зональность: в верхних горизонтах преобладают моллюски и ракообразные, в средних — моллюски и иглокожие, в более глубоких — ракообразные и иглокожие.

В зоне приливов многие организмы прикрепляются ко дну моря. Во время отливов они часами остаются на воздухе, однако от этого не погибают. До глубины 60—80 м растут различные крупные водоросли. Лучи солнца в мутной прибрежной воде

очень быстро поглощаются, поэтому обычно донные водоросли не могут жить на большой глубине и приспосабливаются к средним глубинам.

Количество бентоса быстро убывает с глубиной. На глубинах до 300 м на 1 м^2 дна бентоса приходится в среднем около 250 г, а вблизи берега и на мелководьях — многие килограммы. На больших глубинах в центральной части океана количество бентоса по весу в сотни тысяч раз меньше, чем у берегов. Многие из животных и растений бентоса, особенно обитатели мелководий, имеют промысловое значение. Таковы различные водоросли, моллюски (устрицы, мидии, гребешки), ракообразные (крабы, креветки, омары, лангусты), иглокожие (трепанги) и др. Сейчас быстро развиваются культурные морехозяйства, где выращивают водоросли и животных. Например, в Японии разводят моллюсков-жемчужниц.

В последние годы интенсивно изучается еще одно морское сообщество — *нейстон*. Это обитатели поверхностной пленки воды. Благодаря молекулярным силам пленка настолько плотна, что по ней бегают морские «водомерки» — клопы галобатисы. Это единственное семейство насекомых, которое живет в океане.

Над поверхностью воды выступает наполненная газом плавательная часть сифонофор — физалий и близких их родственников хондрофор — велелла и порпита. Их называют *плейстоном*. Среди плейстоновых организмов есть актинии, брюхоногие моллюски, крабы и усоногие ракообразные.

Все эти организмы имеют поплавки из пузырьков воздуха, заключенного в слизистую или хитинизированную сетку.

Под поверхностной пленкой воды живут аргонавты — близкие родственники осьминогов. Тело аргонавтов заключено в спирально закрученную тонкостенную раковину, в которой находится маленький пузырек воздуха.

В приповерхностном слое распространены водоросли — саргассы, бентосные по происхождению. В западной части Атлантического океана (в Саргассовом море) они занимают обширные пространства. Оторванные от берегов штормами, эти саргассовые водоросли благодаря наличию у них особых пузырей, наполненных воздухом, долго держатся в воде. Среди веточек водорослей плавают крабики, морские коньки — тряпичники и рачки. Хорошо исследован нейстон в Черном море — икра и личинки рыб, рачки, личинки донных животных и другие организмы общим числом около 100 видов. Если у некоторых рыб икра или личинка не прошли нейстонного образа жизни, то они плохо развиваются.

По морям и океанам

Мировой океан делят на пять биогеографических областей: Арктическую, Северную умеренную, или Бореальную, Тропическую, Южную умеренную, или Нотальную, и Антарктическую.

Для Арктической и Антарктической областей характерна низкая, часто даже отрицательная температура воды зимой и летом и плавучие льды. Морская вода соленая и замерзает при температуре —2°. В умеренных областях в разные сезоны температура воды в поверхностном слое значительно изменяется.

В тропической области постоянна высокая температура поверхностных слоев воды: сезонные колебания редко превышают здесь 1—2°.

Начнем путешествие с севера. Перед нами простираются ледяные поля, но они не безжизненны. Вот к краю льдины подкрадывается белый медведь. На льдине лежат тюлени. Их конечности — ласты — похожи на весла. На концах пальцев задних конечностей развиты хрящевые пластинки, а между пальцами — плавательные перепонки, увеличивающие площадь «весла». Подошвы задних конечностей прилегают одна к другой, и животное может изгибать их вправо и влево, подобно хвосту рыбы. На суше тюлени передвигаются с трудом, ползая на брюхе. Другие ластоногие — моржи, сивучи и котики — хотя и передвигаются при помощи конечностей по берегу или льдам, но тоже скорее «ползают», чем «ходят». Зато вода — их стихия. Тело взрослого тюленя покрыто короткими грубыми волосами. Толстый подкожный слой жира, как теплая шуба, не дает животному зябнуть в холодной воде. Питаются ластоногие преимущественно рыбой и рачками. У тюленей, как и у всех ластоногих, развито обоняние и тонкий слух, а глаза хорошо видят и под водой, и на суше. Вот почему у белого медведя, который подкрадывается по льду к тюленю, часто охота бывает неудачной: при его приближении тюлень молниеносно исчезает в лунке.

В большой полынье резвится стая единорогов (их часто называют нарвалами). Это один из видов дельфинов. Толстая кожа единорога покрыта роговым слоем. Она, как броня, предохраняет зверя от ушибов об лед. Единственный зуб у самцов разросся в длину и превратился в бивень. Изредка у них бывает по два бивня. Питаются единороги рыбой, обычно сайкой (мелкая полярная тресочка). Единороги

Рыбы из семейства лососевых заходят в реки для метания икры. На снимке нерест нерки в одной из рек Камчатки.

часто встречаются в водах, омывающих Гренландию, Землю Франца-Иосифа и Северную Землю.

Вблизи сибирских берегов в море Лаптевых мы встретим другой вид дельфинов — белуху. Стадо белух пришло сюда, чтобы поживиться навагой, бычком, лососевыми рыбами. Кожа белух тоже имеет «броню». Свое название белухи получили за белый цвет кожи, характерный для взрослых животных. На севере их называют белугами. Во время хода белухи отрывисто ревут. Звук этот напоминает рев быка и одновременно хрюканье моржа. Отсюда пошло выражение «Ревет, как белуга», хотя настоящие белуги не издают звуков, слышимых человеком.

В Баренцевом море обитает свыше 2500 видов животных, т. е. в 60 раз больше, чем в море Лаптевых. Здесь можно увидеть стада гренландских тюленей. Более ста лет назад здесь водились гренландские киты, которых истребили. Вода Баренцева моря населена миллиардами планктонных рачков — калянусов и большим количеством рыбы — сельди, трески, пикши.

Спускаясь на юг, где флора и фауна становятся все разнообразнее, мы попадаем в северную часть Атлантического океана. Здесь встречается много рыболовных судов. Они вышли на промысел сельди, трески, пикши, морского окуня. У южной границы Северной умеренной области развит промысел сардин. Вскоре на палубу судна станут попадать летучие рыбки. Значит, мы в Тропической области. У летучих рыб плавники превратились как бы в крылья, но крыло рыбки — это не крыло птицы. Летучая рыбка не машет крыльями, а летит, как планер, широко расправив свои плавники.

Перечислить всех обитателей Тропической области здесь невозможно. Теплые воды Мирового океана обильно населены разнообразными видами животных и водорослей. У тропических берегов Малайского архипелага на прибрежных мелководьях растет 860 видов бурых, красных и зеленых водорослей. Такого обилия водорослей нет ни в одном море. Здесь же насчитывается 40 тыс. видов различных морских животных — губок, кораллов, червей, моллюсков, рыб. Кораллы образуют острова и рифы. Знаменитый Большой Барьерный риф на востоке от Австралии тянется на протяжении 2200 км, Барьерный риф Новой Каледонии — на 1500 км. Среди коралловых колоний мелькают причудливой формы пестрые, как бабочки, рыбы. Вот странный шар, покрытый иглами: это еж-рыба. При виде врага тело ее раздувается.

В зоне приливов на заболоченных низинах тропических побережий встречаются густые мангровые заросли. Среди корней мангровых деревьев обитает много морских животных, в том числе рыбы-прыгуны. Эти рыбы вылезают из воды на корни мангровых деревьев и даже на берег и охотятся за насекомыми. Некоторые виды прыгунов настолько приспособились жить какое-то время без воды, что погибают, если лишить их возможности бывать на воздухе.

На берегу можно увидеть краба, которого называют кокосовым или пальмовым вором. Он почти распростился с водой и приходит к морю только для размножения. Питается краб мякотью кокосовых орехов, а волокнами, покрывающими скорлупу, выстилает свою нору в расщелине скал. Сила мускулов клешни у краба такова, что он «разгрызает» кокосовый орех.

В тропических морях живет много видов скатов уплощенной формы, с разросшимися боковыми плавниками. Любопытны электрические скаты-торпедо. В теле у них есть особые органы, в которых накапливается электрическая энергия. Разряд электричества этого ската может парализовать рыбу или отогнать хищника.

Среди акул встречаются гиганты до 20 м длины. Это китовые акулы, которые питаются планктоном. С акулами тесно связана жизнь своеобразных рыбок — рыбы-лоцмана и прилипалы. Предполагают, что рыба-лоцман помогает акуле обнаружить стаю рыб. Рыбы-прилипалы прикрепляются к брюху акулы особой присоской на голове и так путешествуют вместе с ней. Прилипалы и лоцманы подъедают остатки пищи акулы.

Из морских млекопитающих животных интересны дюгони и ламантины из отряда сирен. Это морские травоядные животные. Передние конечности у них превратились в ласты, а задние отсутствуют. Живут они в зоне донных водорослей.

Продолжая путешествие на юг. мы попадаем в Южную умеренную — Нотальную область. Здесь встретятся старые знакомые по северным морям: киты, тюлени, сардины, кефали. На уединенных островах можно увидеть котиков. Они близкие родственники наших дальневосточных котиков.

В высоких широтах Южного полушария обитают пингвины. Живут они на островах, берегах и даже на льдах Антарктики. Тут же можно встретить и тюленей. К северу от кромки льдов плавают киты. Среди них встречаются голубые киты, достигающие 33 м длины и 120 т веса. «Малютка»-кит рождается 6—8-метровым и получает от матери 100—200 л молока в сутки.

Моря Антарктики — главный район китового промысла. От китов получают жир, кожу, мясо, а из желез внутренней секреции — медицинские препараты. В Антарктике можно встретить огромные плавучие заводы советских китобойных флотилий.

В Северной умеренной области Тихого океана и в наших дальневосточных морях живет много видов животных, близких к обитателям атлантических вод: треска, сельдь, сардина, камчатская семга и др. Это наследие ледникового периода, когда похолодание климата изгнало многих животных из полярных морей в бореальные районы на севере Атлантического и Тихого океанов. Поражает огромное количество и разнообразие дальневосточных лососевых рыб: кеты, горбуши, чавычи, нерки, а также камбаловых. На побережьях находятся большие лежбища сивучей и котиков. На Командорских и Курильских островах встречаются морские выдры — каланы. Их называют также камчатскими или морскими бобрами. Название это неудачно, так как бобр относится к отряду грызунов, питается растительной пищей и живет в реках.

Путешествие наше закончено. Теперь вы можете представить себе распределение фауны и флоры в Мировом океане. Однако мы рассказали только о небольшой части живого населения Мирового океана и морей, омывающих берега нашей Родины. Каждый год ученые открывают новые виды животных и водорослей. Поэтому впереди большие возможности познать глубины океана и использовать его биологические ресурсы на пользу человечества.

Животный мир суши

Вы уже знаете, что колыбелью жизни были моря и океаны (см. ст. «Как развивалась жизнь на Земле»). Освоение животными континентов и островов, их переселение на сушу шло медленно и длительно. В палеозойскую эру морские кольчатые черви, членистоногие, моллюски и рыбы сначала освоили только устья и низовья рек, лагуны на морских побережьях и приливно-отливную полосу с выбросами водорослей. С какими же трудностями столкнулись эти первые животные континентов и островов? Оказавшись на суше, они испытывали прежде всего недостаток воды: под действием сухого воздуха, ветра и солнца быстро высыхала поверхность их тел. Это препятствовало поглощению кислорода и выделению углекислоты — животные задыхались. Поэтому из всего разнообразия типов морских животных только немногие сумели перейти к жизни на суше, а именно те, поверхность которых покрывал сплошной панцирь из хитина или извести, из роговых или костных чешуй, или же те, у которых большая часть тела была спрятана в раковину. Лишь впоследствии, в процессе приспособления к жизни на суше, у животных образовывались особые органы дыхания, которые находились внутри тела и сообщались с наружным воздухом только через небольшие отверстия. Так возникли легкие у мокриц, наземных моллюсков, амфибий и многих паукообразных. Насекомые, многоножки и другие наземные членистоногие стали дышать с помощью системы трахей — многочисленных тонких и разветвленных трубочек.

Первым обитателям суши опасна была и чересчур высокая температура воздуха, поверхности песка и скал. Поэтому подходящей средой для жизни первых наземных животных оказались выброшенные волнами водоросли, влажные и рыхлые наносы песка и ила, щели в скалах и под камнями.

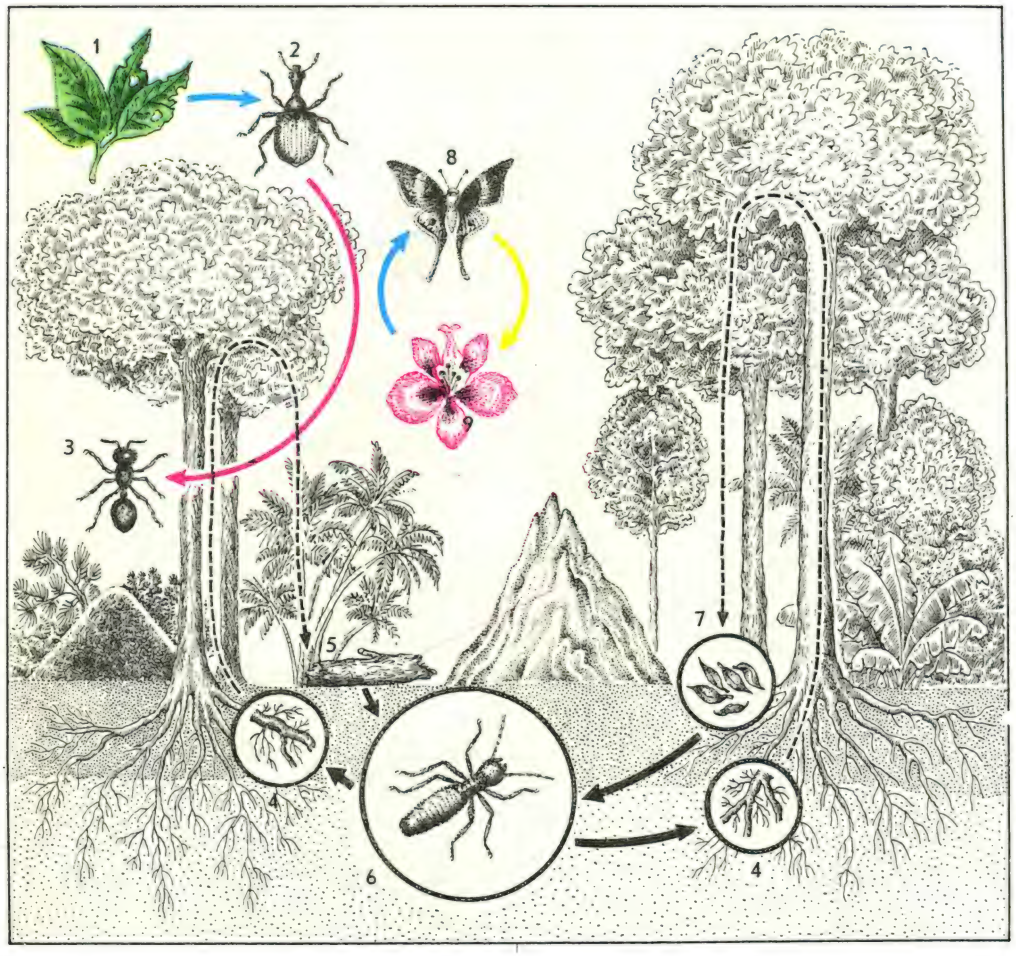
Гораздо легче животные переходили от жизни в морской среде к жизни во внутренних водоемах. Однако и здесь возникали свои трудности: пресная вода вымывала, высасывала соли из тела животного, надо было приспособиться к сильному течению. Морские животные сначала заселили только устья рек с солоноватой водой и медленным течением, а уж потом, постепенно приспосабливаясь, они проникли в реки до истоков и в пресные озера.

Чтобы выйти из морей в реки, животные должны были иметь достаточно совершенную выделительную систему и обладать значительной подвижностью. Через органы выделения они освобождали свое тело от избытка воды, а подвижность позволяла им сопротивляться течению и подниматься против него. Поэтому далеко не все типы и классы морских животных сумели переселиться в пресные водоемы. Совершенно не смогли освоить внутренние водоемы пассивно плавающие планктонные радиолярии, подавляющее большинство сидячих губок и медленно плавающих кишечнополостных, многощетинковые черви, все иглокожие. Еще меньшему числу типов и классов животных удалось выйти из пресных водоемов собственно на сушу. Океаны, моря и внутренние водоемы сейчас населяют животные 19 типов, а сушу только 10 типов.

Внутренние водоемы сильно отличаются размерами и глубиной, содержанием растворенных в воде солей и кислорода, подвижностью воды и ее температурой. К этим разнообразным условиям животные внутренних водоемов должны были приспосабливаться, т. е. *эволюционировать в разных направлениях*. Поэтому, несмотря на относительно ничтожный общий объем воды всех внутренних водоемов, число обитающих в них видов животных очень велико и, вероятно, лишь немногим меньше числа видов океанически-морских животных.

Условия жизни на суше особенно разнообразны. Здесь от одного участка местности к другому сильно изменяются влажность и температура воздуха и почвы, а также интенсивность солнечного освещения. Растительный покров в свою очередь влияет на влажность, температуру и освещенность. Поэтому видовое разнообразие наземных животных почти в 5 раз больше, чем обитателей вод. Достаточно упомянуть такие типичные для суши группы животных, как насекомые (около 1 млн. видов), паукообразные (около 30 тыс. видов), многоножки (9 тыс. видов), пресмыкающиеся (почти 5500 видов), птицы (8600 видов) и млекопитающие (около 6000 видов), большинство которых проводит всю свою жизнь в лесах, на лугах, в степях или в пустынях.

Многие десятки и сотни миллионов лет продолжалась эволюция животных континентов и островов, сопровождавшаяся освоением обширных территорий. Поднимались и опускались огромные участки суши, а моря то заливали ее поверхность, то отступали, оставляя мощные толщи осадков — илов и песков. Сотрясаемые землетрясениями и вулканическими извержениями, громоздились высочайшие горы. Потом ручьи и реки размывали морские отложения и горные поднятия, выравнивали сушу почти до уровня океана. Одновременно менялись климат и растительность. Все эти изменения лика Земли отражались на животном мире суши и внутренних водоемов. Одни виды и группы животных, приспосабливаясь к новым условиям жизни, превращались в другие. Появлялись все новые животные, нередко самого причудливого облика, а многие классы и отряды животных, господствовавшие до тех пор на



Круговорот веществ в тропических лесах — гилеях Восточного полушария и участие в нем животных.

1 — листья;
2 — листогрызущие насекомые;
3 — муравьи;
4 — корни;
5 — древесина;
6 — термиты;
7 — опавшие листья;
8 — бабочки;
9 — цветы.

питание животными;
питание растениями;
питание органическими остатками и их рассеивание в почве;
опыление цветов;
перемещение веществ;
миграция животных.

Земле, исчезали совершенно, «вымирали» (см. ст. «Как развивалась жизнь на Земле»).

Наконец, несколько десятков миллионов лет назад появились высшие животные континентов и островов — млекопитающие, птицы, ящерицы и змеи, а из насекомых — бабочки, осы, муравьи, термиты, саранчовые и другие, сходные с современными.

Основные изменения в мире животных были связаны со все большим завоеванием территорий с сухим и прохладным климатом. Если древнейшие животные придерживались болотистых низин и побережий рек и озер, то высшие животные, благодаря более совершенной регуляции температуры тела (у млекопитающих и птиц) или большой подвижности и способности отыскивать высококалорийную пищу (бабочки, пчелы и мухи), распространились в высокогорья до 5—7 тыс. м над уровнем моря и в приполярные области. Многие из высших животных, приспособившись экономно расходовать содержащуюся в теле воду и выкармливать потомство в условиях крайнего недостатка влаги, освоили территории полупустынь и пустынь.

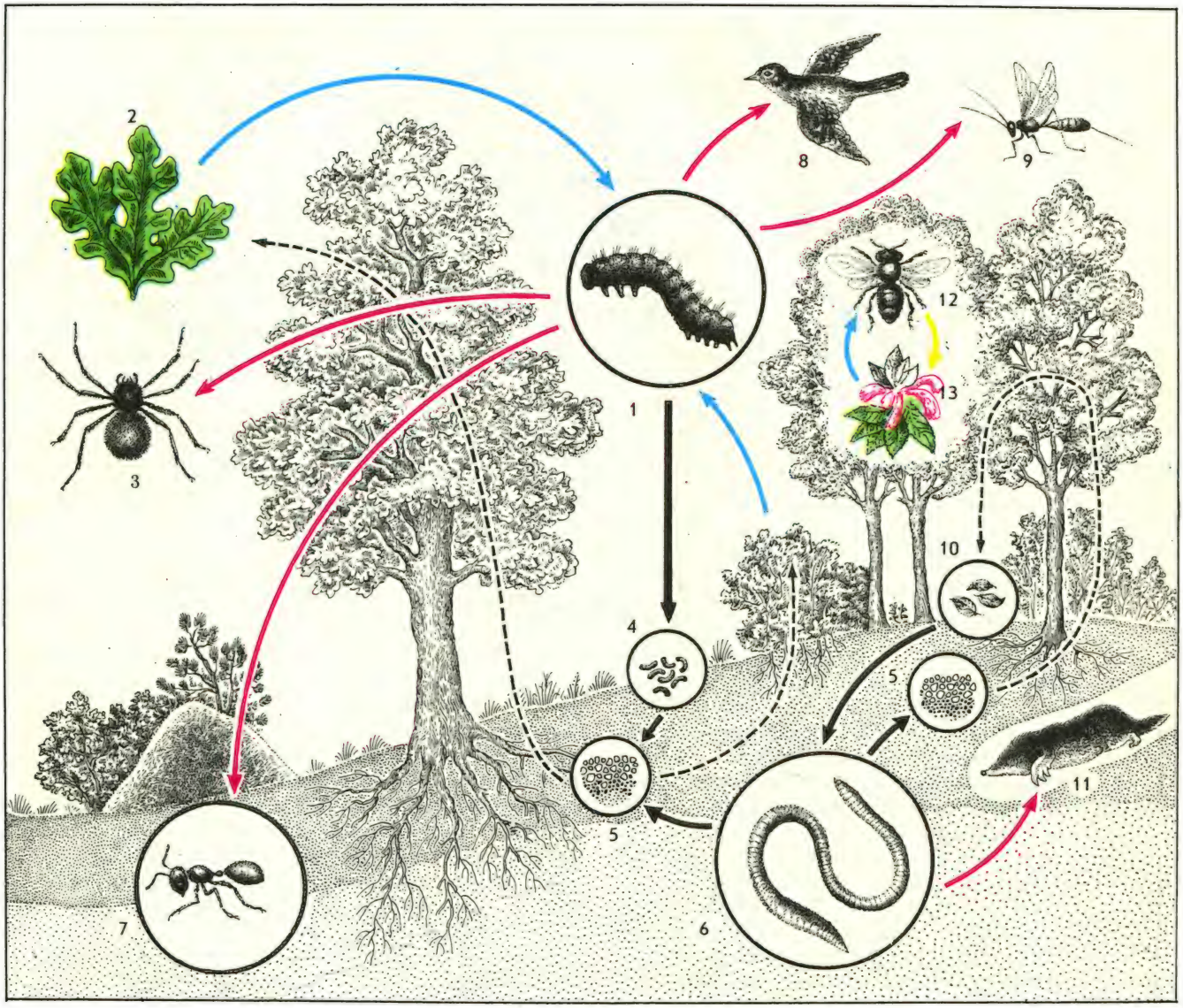
Меньше всего изменились состав и облик животных, населяющих реки и озера. В них еще и сейчас преобладают группы животных, существовавшие в конце палеозойской эры, т. е. 200—250 млн. лет назад. Подойдите к любому пруду, заросшей лесной речке или болотцу, и вы увидите массу всяких животных, которые очень сходны с теми, что населяли подобные места в далеком прошлом: рыб и амфибий, рачков и моллюсков, пресноводных гидр и губок, стрекоз и подёнок, веснянок и ручейников, водных клопов и комаров. Их виды, роды, а часто и семейства стали другими, но почти теми же остались главнейшие особенности развития и приспособленности к среде. Очень незначительно менялась среда обитания, так же медленно изменялись и животные, их взаимоотношения между собой, с растениями и с неживой средой.

Наиболее развитый и богатый, самый сложный и многообразный животный мир суши связан с наилучшими, оптимальными условиями для жизни: с влажными тропическими лесами — гилеями и лесами субтропиков и средних широт, с пойменными и горными лугами, луговыми степями, а также саваннами.

Здесь животные долгое время совершенствовались, усложнялись отношения между ними, они стали принимать все большее участие в жизни растений и в образовании почв. А растения и почвы, в свою

Круговорот веществ в листопадных лесах умеренного климата Северного полушария и участие в нем животных.

1 — гусеницы;
2 — листья;
3 — пауки;
4 — экскременты насекомых;
5 — почва;
6 — дождевые черви;
7 — муравьи;
8 — птицы;
9 — наездники;
10 — опавшие листья;
11 — кроты;
12 — пчелы; 13 — цветы.



очередь, все в большей мере способствовали усложнению животных и появлению их новых видов. Так создались современные сложнейшие комплексы, состоящие из взаимосвязанных и приспособленных друг к другу животных и растений суши. Эти комплексы имеют важнейшее значение в жизни людей: они дают нам древесину, лаки и смолы, лекарственные вещества и корм для стад домашних животных, пушнину и мясо. На участках, когда-то занятых подобными комплексами, формировались наиболее плодородные почвы, сейчас используемые для выращивания культурных растений.

Распространение животных

Животные суши и внутренних водоемов не только исключительно разнообразны, но их виды образуют очень большое число территориальных группировок, резко отличающихся одна от другой. Каждая такая группировка состоит из животных, в совершенстве приспособленных к тем или иным местным условиям. В этом отношении животный мир континентов и островов выглядит по-иному, чем фауна постоян-

но сообщающихся между собой океанов и морей, где группировки животных распространены широко.

Несмотря на большую пестроту группировок животных на суше, в реках и озерах, их распространение подчиняется известным, обычно хорошо выраженным закономерностям: во-первых, широтной географической зональности, во-вторых, смене приморских группировок внутриконтинентальными и, наконец, высотной поясности в горах.

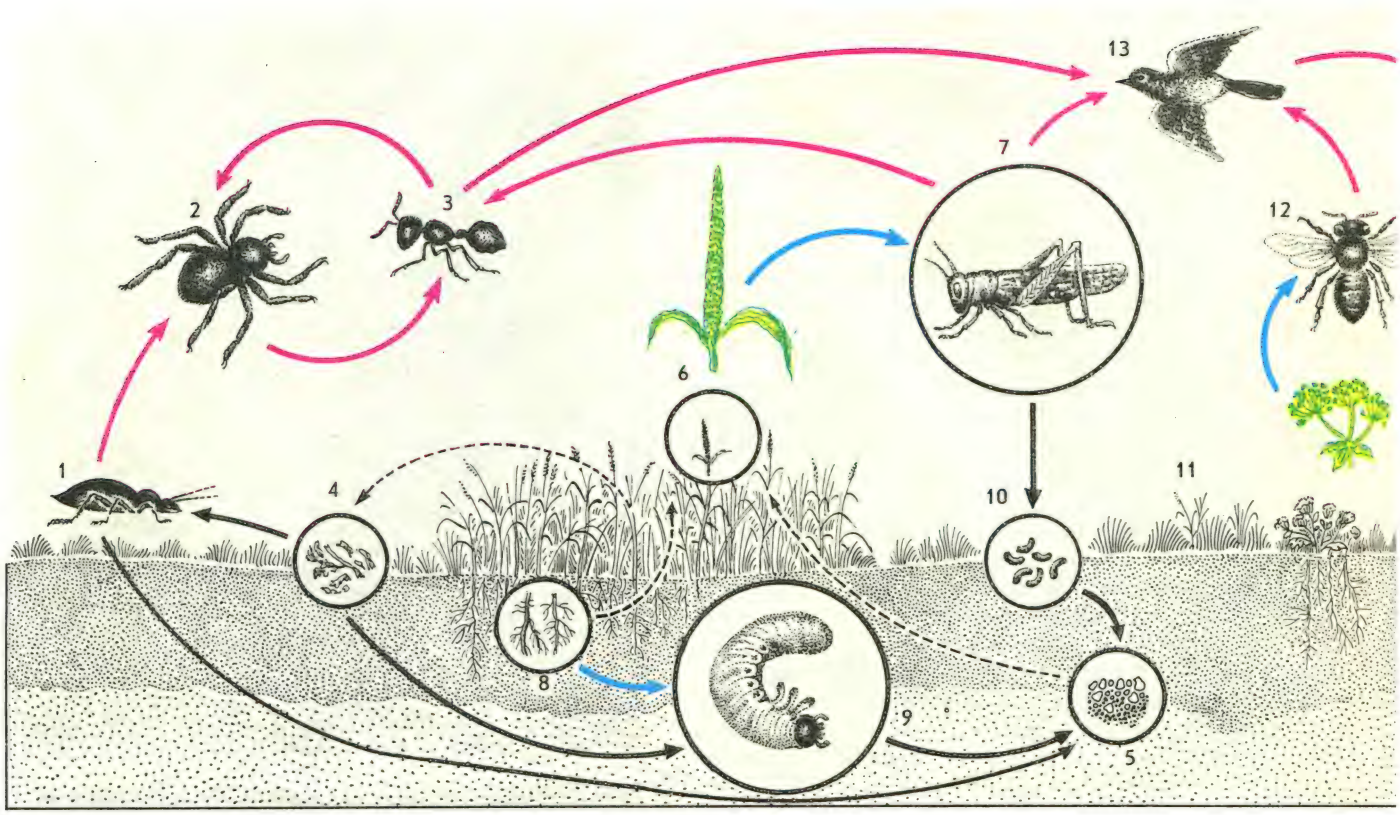
Широтная зональность в распространении животных вполне соответствует зональности растительного покрова и почв. Она обусловлена той же причиной — различным притоком солнечной энергии, увеличивающимся от полюсов к экватору. Особенно хорошо зональность выражена на равнинах больших континентов: в Евразии, Африке, в Северной и Южной Америке, значительно меньше — в Австралии.

Влияние удаленности от океанов обусловлено тем, что от побережий в глубь континентов уменьшается влажность климата и облачность, больше солнечных лучей достигает земной поверхности, а в холодное время года и по ночам усиливается излучение тепла в мировое пространство — нарастает континентальность климата. Поскольку на Земле преобладает перенос влаги вдоль широт, то совместное влияние факторов зональных и континентализации создает своего рода «сетку» разных группировок животных: по мере удаленности от морей и океанов зональный набор группировок животных оказывается иным — вместо влаголюбивых животных во всех зонах начинают преобладать суховыносливые.

На распределение животных сильно влияет рельеф суши. Горные хребты у краев континентов задерживают влагу, приносимую с океанов. Поэтому по другую сторону гор континентальность климата резко возрастает, здесь распространены обычно степные, саванновые или пустынные животные. Напротив, на равнинных континентах лучше выражена зональная смена группировок животных и постепенно изменяется состав животного мира вдоль широт. Горные же системы, тянущиеся далеко с севера на юг, позволяют достаточно теплолюбивым животным распространяться от теплых областей на сотни и тысячи километров, так как на обращенных к морям и океанам склонах гор климат в течение всего года смягчается облачностью и осадками. Например, достаточно теплолюбивые тропические птицы колибри распространены вдоль тихоокеанского побережья Северной Америки до Аляски; сумчатые и яйцекладущие млекопитающие, попугаи и другие характерные для тропиков и субтропиков животные живут на востоке Австралии до самого юга этого континента. Нечто сходное наблюдается на крайнем юге

Божьи коровки.

Муравейник.

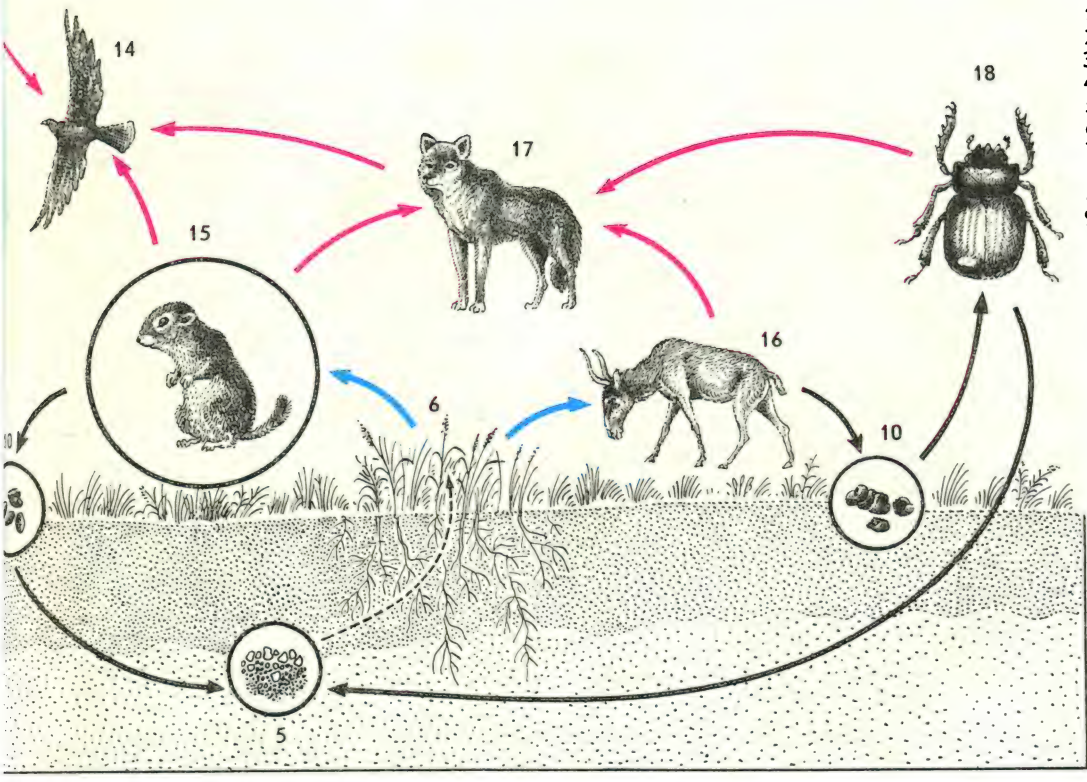


Южной Америки, а у нас — на Дальнем Востоке от Южного Приморья до Камчатки.

Вертикально-поясное распределение животных в горах во многом повторяет их зональное распределение на равнинах. У подножия гор обычно распространены группировки животных соответствующих зон — лесных, лесостепных, степных или пустынных. Выше они сменяются горно-лесными группировками среднегорных склонов, наиболее хорошо увлажняемых дождями, а вершины хребтов и предледниковые участки занимают горно-луговые животные, в глубине континентов часто с большим участием горно-степных, а нередко и горно-тундровых, например на Алтае, Тянь-Шане и Памире. Для верхних частей их хребтов обычны тундровые виды шмелей и бабочек, а совсем рядом с ними живут жаворонки, жуки-чернотелки и осы, родственные тем видам, которые встречаются в степных или пустынных предгорьях этих горных систем.

Состав группировок животных на суше меняется в различные сезоны года. Сезонные изменения подвижности, поведения, питания и размножения животных зависят в большинстве случаев от неблагоприятных метеорологических условий в те или иные месяцы: холода, засухи или длительных дождей. Такие изменения наиболее характерны для приполярных зон, средних широт и высокогорий, а также для степей, саванн и пустынь. Здесь животные проявляют наибольшую активность в теплое, солнечное, но достаточно влажное время года, а в морозные или жаркие и сухие месяцы они прячутся в норы, зарываются в почву или лесную подстилку, а некоторые откочевывают или перелетают в другие местности, нередко за многие сотни и тысячи километров от своей родины.

Наиболее «оседлый» образ жизни свойствен мелким животным, например беспозвоночным, амфибиям, пресмыкающимся и грызунам, которые легко могут спрятаться в укромное и относительно теплое и влажное место, где они переживают неблагоприятное время года в недеятельном состоянии. Небольшие сезонные изменения активности и соответствующий «оседлый» образ жизни характерны для животных, существующих в оптимальных условиях — в низинных и горных тропических гилеях, в субтропических лесах и на юге лесной зоны в средних широтах Северного полушария Земли, а также в большинстве внутренних водоемов, кроме надолго



Круговорот веществ в степях Восточной Европы и Казахстана и участие в нем животных.

1 — чернотелки;
2 — пауки;
3 — хищные насекомые;
4 — растительные остатки;
5 — почва;
6 — травы;
7 — зеленоядные насекомые;
8 — корни;
9 — почвенные личинки насекомых;
10 — экскременты;
11 — цветы;
12 — пчелы;
13 — птицы;
14 — хищные птицы;
15 — грызуны;
16 — копытные;
17 — хищники;
18 — навозники.

замерзающих или же временно пересыхающих.

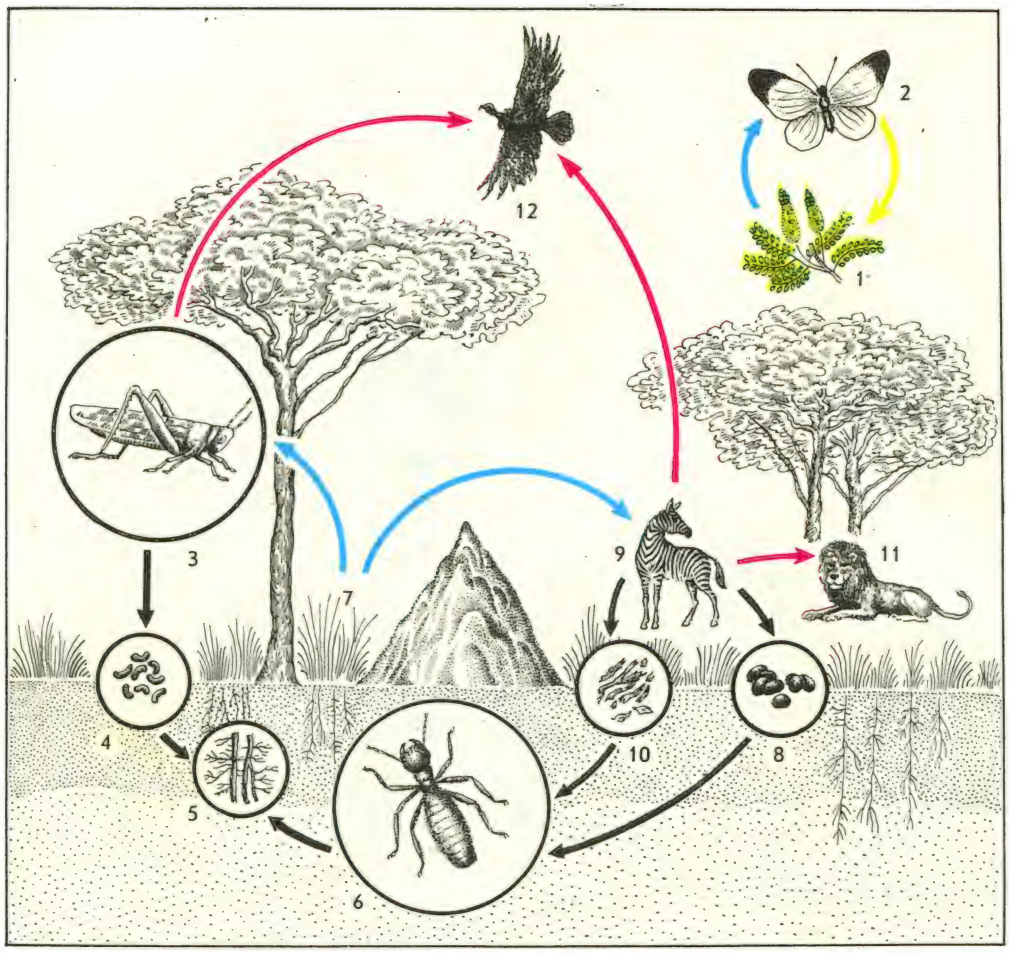
Многие животные перемещаются из одних ландшафтов в другие в течение года. Из степей, покрывающихся снегом, в более теплые пустынные местности перекочевывают стада антилоп сайгаков; тысячные стаи разнообразнейших тундровых и лесных птиц летят в теплые края; с высокогорных лугов спускаются в среднегорный лесной пояс стада диких копытных, стаи куриных, вьюрков и других птиц; в жарких странах огромные стада антилоп, зебр и слонов откочевывают из выгорающих саванн к подножиям гор, берегам озер и рек. При этих перемещениях и перелетах животных происходит значительный обмен веществами и энергией между разными ландшафтами и даже континентами, поскольку животные рождают и выкармливают потомство за счет растений и других организмов в одних местностях, а затем участвуют в природных процессах на иных территориях.

Разнообразие видов животных зависит часто от размера и древности заселенного ими участка суши или внутреннего водоема. Чем меньше такой участок, например остров, изолированное горное поднятие или озеро, тем, как правило, с ним меньше связано видов животных. Такую обедненную фауну имеют многие мелкие острова, недавно образовавшиеся озера и реки.

Значение жизнедеятельности животных в природе

Основа жизни на Земле — зеленые растения, в тканях которых при поглощении энергии солнечных лучей из углекислоты, воды и минеральных солей образуются различные органические вещества. Однако животные — это не второстепенный компонент природы, лишь потребляющий вещества, созданные растениями. Животные участвуют в великом круговороте веществ в природе, без которого не может существовать ни один организм, не может продолжаться жизнь на Земле.

Любой природный комплекс организмов на поверхности нашей планеты включает три обязательных компонента: *продуценты* — зеленые растения, создающие органические вещества из неорганиче-



Круговорот веществ в саваннах Африки и участие в нем животных.

1 — цветы;
2 — бабочки;
3 — саранча;
4 — экскременты насекомых;
5 — корни;
6 — термиты;
7 — травы;
8 — экскременты млекопитающих;
9 — копытные;
10 — растительные остатки;
11 — хищники;
12 — птицы.

ских; *консументы* — животные, в большинстве питающиеся растениями и перерабатывающие их ткани, рассеивающие органические вещества по поверхности почвы или в ее толще, и *редуценты* — бактерии и грибы, превращающие органические вещества, в том числе и рассеянные животными, опять в минеральные соли и газы. Последние снова могут быть использованы листьями и корнями растений. Так устанавливается в природе круговорот веществ и энергии с участием организмов.

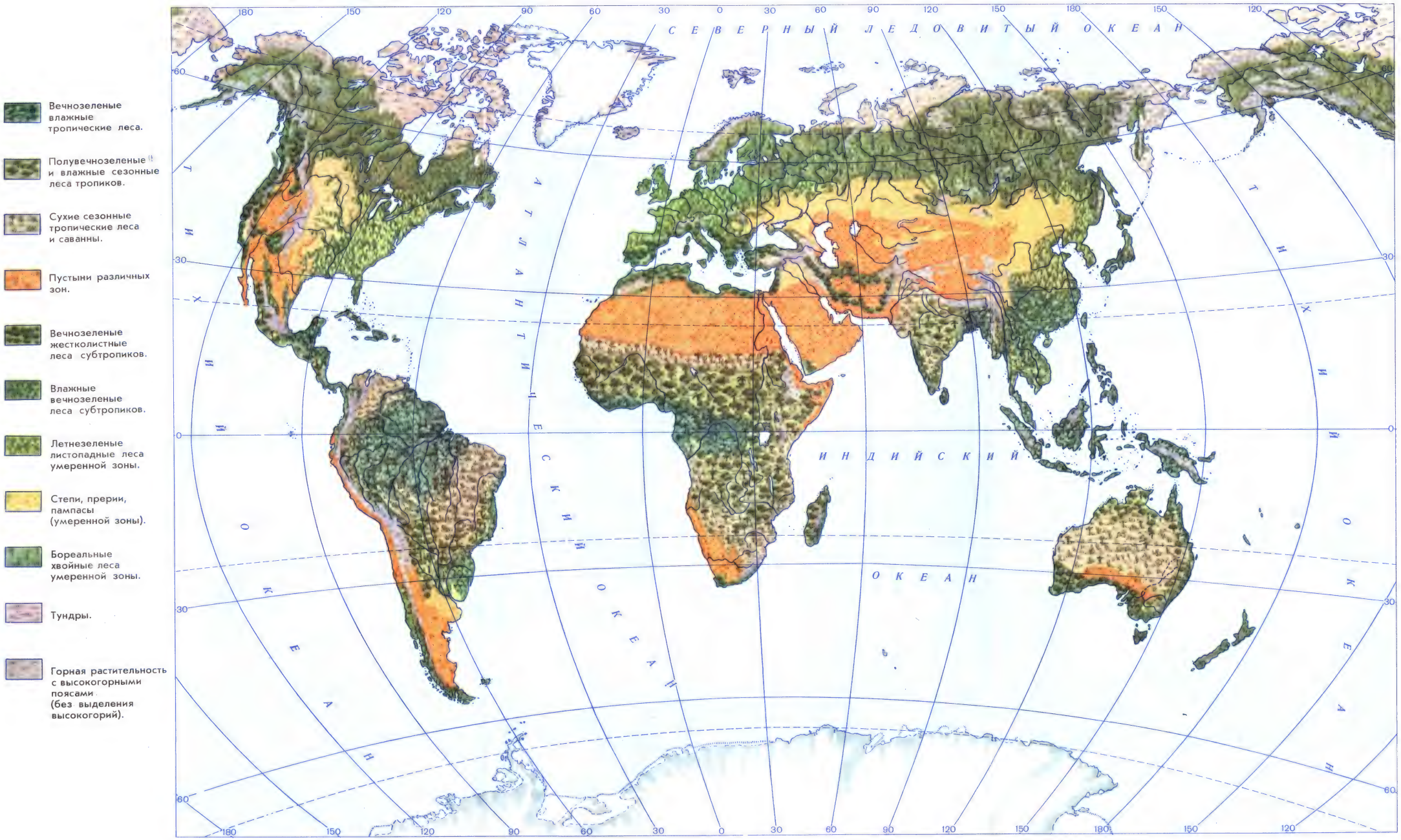
Животные играют прежде всего важнейшую роль в образовании почв, особенно беспозвоночные — насекомые, клещи, кивсяки, дождевые черви и моллюски. Там, где много беспозвоночных-почвообразователей, очень хорошо развивается и растительный покров Земли.

Вторая исключительно важная роль животных — уничтожение больных и недостаточно жизнеспособных экземпляров растений. Так животные постоянно помогают естественному отбору, поддерживая жизнеспособность растений и ускоряя их эволюцию в направлении большей приспособленности к изменяющимся условиям жизни. Подобную же роль играют хищные и паразитические животные по отношению к растительноядным животным.

Хищные и паразитические животные сдерживают чрезмерное размножение растительноядных, иначе последние могли бы в течение немногих лет полностью уничтожить многие виды растений. Особенно большое значение имеют насекомоядные птицы, дневные хищные птицы и совы, летучие мыши, ящерицы, лягушки и жабы, муравьи, жужелицы, осы, мухи-ктыри, пауки и некоторые другие группы наземных позвоночных и беспозвоночных животных. Немалую роль играют и паразитические насекомые, нападающие на растительноядных, например наездники, бракониды, хальциды, мухи-тахины. Хищных и паразитических животных особенно много в теплых областях земного шара, где они успешно сдерживают размножение растительноядных. Только в тех природных ландшафтах, которые слишком сильно нарушены вмешательством человека (при выпасе скота, при пожарах, заготовках леса), или же на пахотных землях хищные и паразитические животные не всегда уживаются. Поэтому здесь постоянно происходят вспышки массового размножения растительноядных насекомых, причиняющих сильный вред дикорастущим и культурным растениям.

Очень существенна роль наземных животных в перекрестном опылении большинства видов покры-

Растительность земного шара



Животный мир земного шара

1. Кайры.
2. Рысь.
3. Белая куропатка.
4. Лось.
5. Белый медведь.
6. Северный олень.
7. Медведь барибал.
8. Белка серая.
9. Олень вапити.
10. Скунс.
11. Росомаха.
12. Овцебык.
13. Баран толстorогий.
14. Опоссум.
15. Енот.
16. Бизон.
17. Луговой волк, или койот.
18. Индюк.
19. Луговой тетерев.
20. Луговая собачка.
21. Вилорог.
22. Ревун.
23. Тапир.
24. Кайман.
25. Гоацин.
26. Муравьед.
27. Ягуар.
28. Броненосец.
29. Нанду.
30. Кондор.
31. Вискаша.
32. Лама.
33. Пингвин.
34. Морж.
35. Морской лев.
36. Акула.
37. Касатка.
38. Кит большой полосатик.
39. Альбатрос.
40. Барракуда.
41. Нарвал.
42. Гренландский тюлень.
43. Треска.
44. Дельфин.
45. Рыба-молот.
46. Пингвин.
47. Морской леопард.
48. Скат.
49. Летающие рыбы.
50. Горбатый кит.
51. Буревестник.
52. Рыба-лоцман.
53. Черепаха морская.
54. Серый кит.
55. Котик.
56. Серна.
57. Косуля.
58. Зубр.
59. Заяц-русак.
60. Тетерев.
61. Гага.
62. Серебристая чайка.
63. Медведь бурый.
64. Глухарь.
65. Кабан.
66. Тур кавказский.
67. Джейран.
68. Кобра.
69. Тигр.
70. Архар.
71. Козерог.
72. Сайга.
73. Рябчик.
74. Белка.
75. Сурок.
76. Заяц-беляк.
77. Волк.
78. Песец.
79. Бургомистр, или полярная чайка.
80. Соболь.
81. Кабарга.
82. Глухарь каменный.
83. Гусь белый.
84. Чубук.
85. Уссурийский тигр.
86. Пятнистый олень.
87. Медведь гималайский.
88. Лошадь Пржевальского.
89. Верблюд двугорбый.
90. Як.
91. Кланг.
92. Дзерен.
93. Индийский слон.
94. Гавиал
95. Индийский носорог.
96. Гиббон.
97. Тапир чепрачный.
98. Медведь бамбуковый.
99. Макака.
100. Орангутанг.
101. Зеленая мартышка.
102. Лев.
103. Шимпанзе
104. Бегемот.
105. Секретарь.
106. Павиан.
107. Горилла.
108. Носорог африканский.
109. Крокодил нильский.
110. Верблюд одногорбый.
111. Жирафа.
112. Слон африканский.
113. Зебра.
114. Буйвол капский.
115. Лемур.
116. Казуар.
117. Какаду.
118. Динго.
119. Эму.
120. Птица-лира.
121. Кенгуру.
122. Утконос.
123. Гаттерия.
124. Выхухоль.
125. Крот.
126. Антилопа канна.
127. Африканский страус.
128. Кета.

тосемянных растений и разносе семян, особенно деревьев и кустарников. В опылении участвуют десятки тысяч видов диких пчел, распространенных от тропических гилей, саванн, пустынь и степей до высокогорных лугов и Арктики. Даже на севере Гренландии живут шмели — одна из групп крупных диких пчел. Много шмелей, предпочитающих ландшафты с прохладным климатом, в лесах и на лугах в средних широтах Северного полушария, где они опыляют самые различные цветущие растения, а также на высокогорных лугах в Альпах, на Кавказе, в горах Средней и Центральной Азии. В опылении цветущих растений участвуют и другие хорошо летающие насекомые: бабочки, осы, многие жуки и разнообразные мухи. А «разносчиками» семян различных деревьев, кустарников и некоторых трав выступают прежде всего высшие позвоночные животные — плодоядные и зерноядные птицы, а из млекопитающих — копытные и грызуны.

Обычно мы представляем себе животный мир в виде крупных млекопитающих и птиц, змей и рептилий. С тропическими лесами в нашем представлении связаны гориллы и орангутанги, удавы и тигры, райские птицы. Вспоминая животных саванн, мы называем слонов и львов, антилоп и зебр, грифов и страусов. Медведи, лоси, глухари — типичные представители нашей тайги. Но не эти животные играют главную роль в жизни природы. В процессах образования почв, в поедании растительности и переработке ее остатков, наконец, в опылении цветущих растений и распространении инфекций главную роль играют беспозвоночные: паукообразные, насекомые, многоножки, черви и т. д. Это объясняется не столько их исключительным разнообразием, сколько огромным числом особей. Действительно, крупных животных на 1 км^2 леса или степи, саванны или пустыни насчитываются единицы или десятки, в крайнем случае сотни, а их суммарный вес редко превышает 1 т. Беспозвоночных же на каждом квадратном километре множество, а их вес может достичь десятков тонн. Да к тому же они быстро размножаются и развиваются, перерабатывая тысячи тонн пищи — растений и других организмов или их остатков.

Животное население главных природных ландшафтов

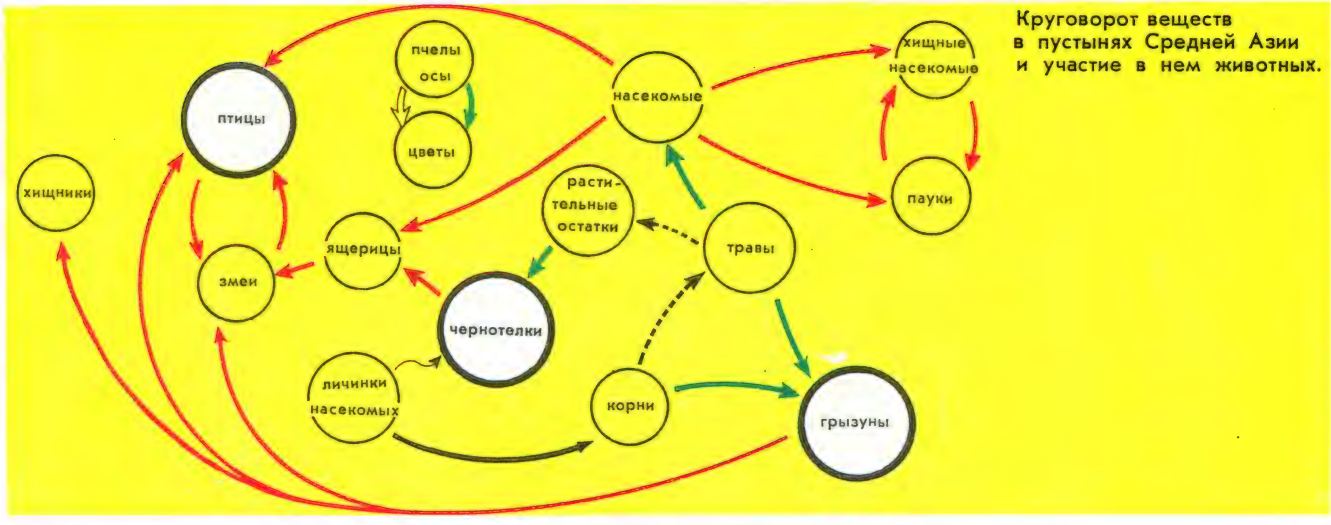
Рассмотрим взаимоотношения животных между собой и с растениями, а также участие животных в образовании почв в нескольких широко распространенных на Земле *природных комплексах* (биогеоценозах): в тропических лесах, в широколиственных лесах средних широт, в саваннах, степях, пустынях и в реках.

Во *влажных тропических лесах — гилеях* животный мир особенно красочен и разнообразен. Здесь почти повсеместно существует несколько тысяч видов животных, особенно много беспозвоночных. Но только некоторые животные гилей встречаются часто и имеют действительно большое значение в природных процессах, обеспечивая жизнь растений и участвуя в образовании почв. Важнейшая группа тропических насекомых — термиты. Они непрерывно разрушают и рассеивают в почве в виде своих экскрементов остатки древесины и старые, опавшие на землю листья деревьев и лиан, подготавливая таким образом растительные вещества к минерализации бактериями и грибами. Без достаточного количества термитов тропические гилеи не могут нормально существовать: их почва становится малоплодородной, уплотняется, начинают гибнуть прорастающие из семян и уже развивающиеся молодые растения.

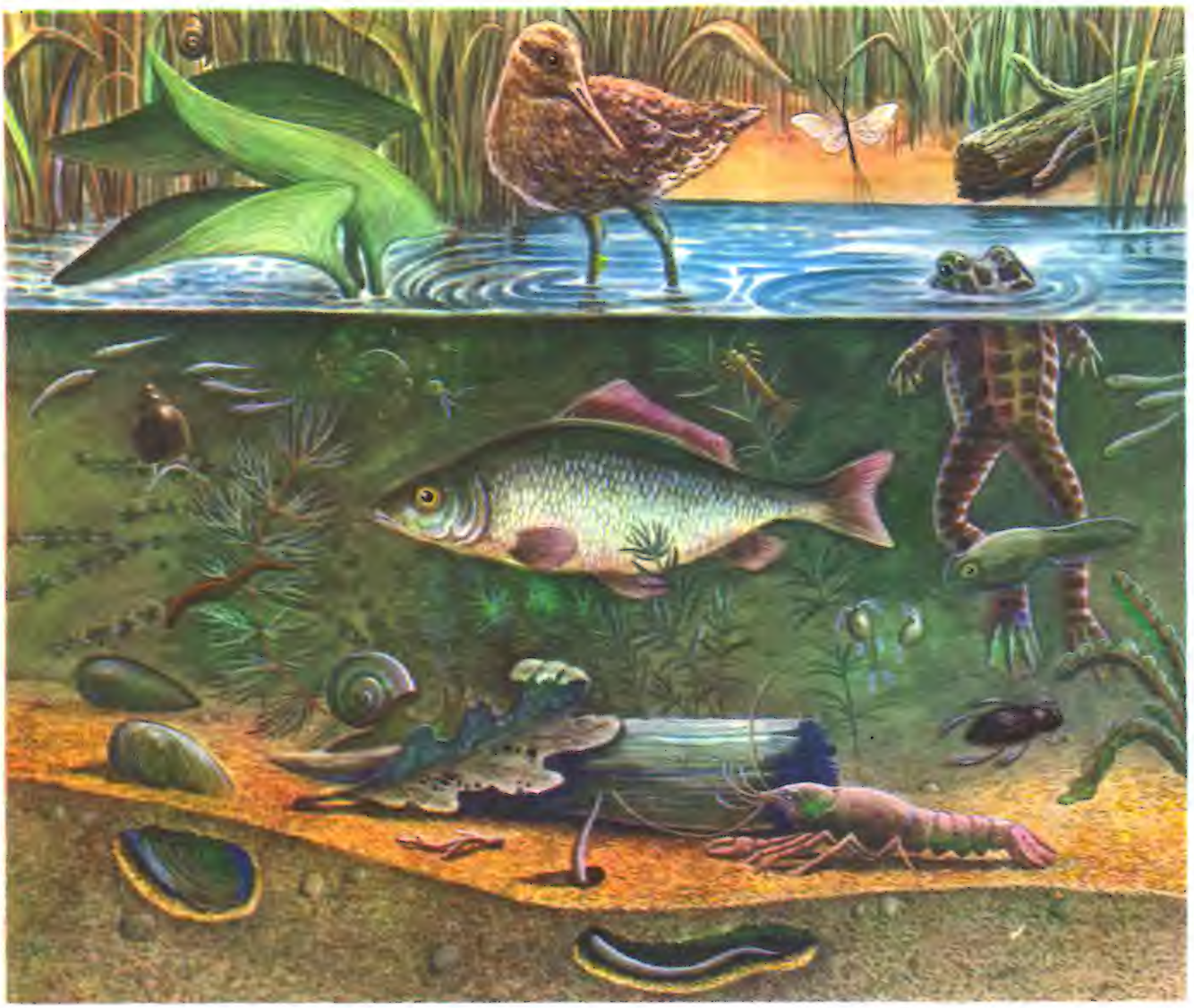
Вторая важнейшая группа тропических насекомых — живущие в дуплах, в скалах и открыто на ветвях деревьев общественные пчелы, родственные нашим домашним. Дикие тропические пчелы нередко более ярко окрашены, крупнее или же, наоборот, мельче домашних. Поскольку среди густой растительности гилей при очень частых дождях и в насыщенном влагой воздухе перекрестное опыление растений при помощи ветра почти невозможно, пчелы оказываются главными опылителями подавляющего большинства тропических лесных растений. В опылении растений участвуют также некоторые бабочки, мухи и мелкие птицы — колибри в тропиках Западного полушария и нектарницы в Восточном полушарии.

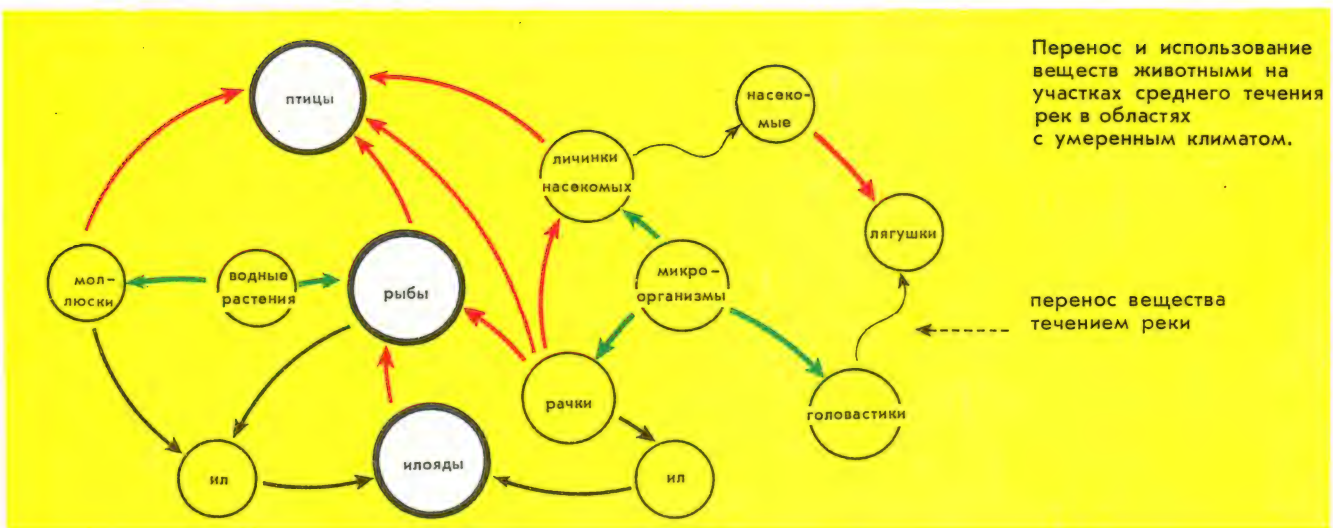
И третья совершенно необходимая группа животных гилей, опять-таки из класса насекомых,— это муравьи. Десятки их видов и многие миллионы особей круглый год обшаривают деревья, лианы и поверхность почвы, нападая преимущественно на растительноядных насекомых: без этой защиты растения гилей, их листья и цветы очень быстро бы погибли.

В *широколиственных листопадных лесах*, например в Европе и на Дальнем Востоке, животные также разнообразны — обычно их многие сотни видов в каждом лесу. В отличие от гилей здесь нет термитов, и массу опадающих осенью листьев деревьев и кустарников уничтожают дождевые черви, а также мокрицы, кивсяки, моллюски и личинки разно-



Круговорот веществ в пустынях Средней Азии и участие в нем животных.



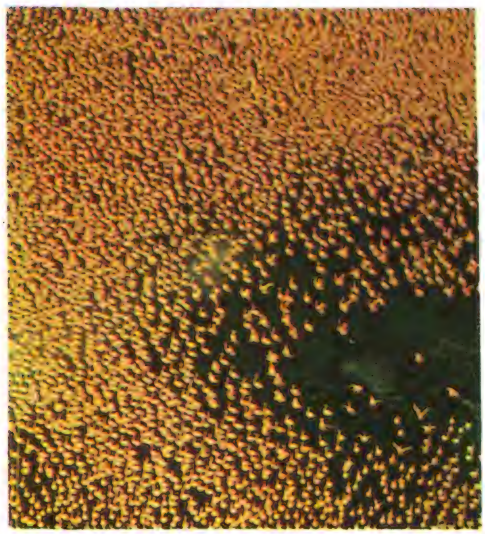


Перенос и использование веществ животными на участках среднего течения рек в областях с умеренным климатом.

Саранча — опаснейший вредитель полей, лугов и пастбищ. Тучи саранчи уничтожают высокие травянистые злаки саванн.

Большую роль в обмене веществ водоемов играют птицы, питаясь рыбой, лягушками и водными беспозвоночными.

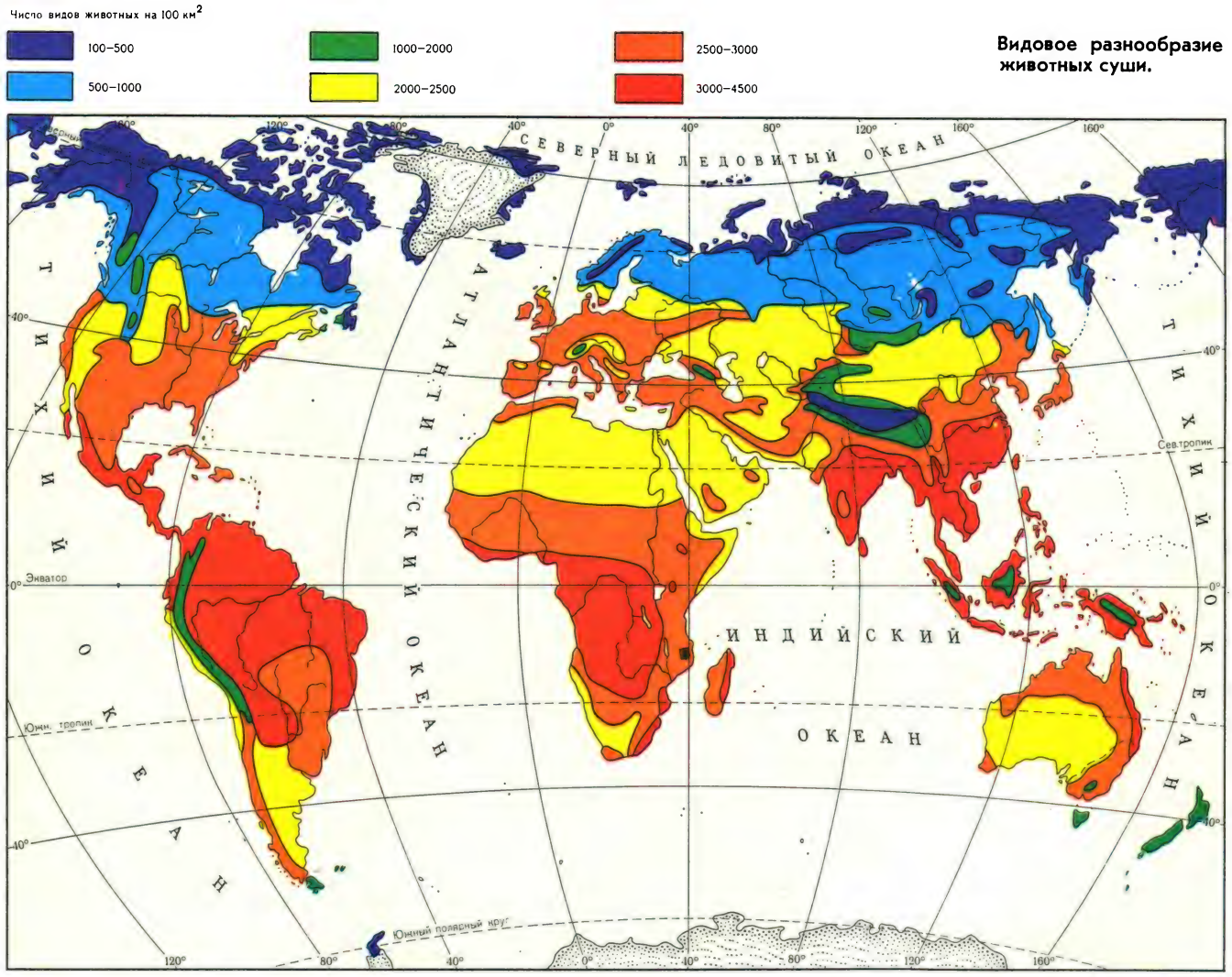
Львы — хищные млекопитающие, обладающие большой силой и ловкостью. Населяют саванны, полупустыни и реже пустыни. Питаются главным образом мясом крупных копытных животных — зебр, антилоп и др.



образных жуков, комаров и мух. Все эти беспозвоночные животные питаются менее интенсивно, чем термиты, а в холодное время года вообще замирают. Если бы вся листва опадала на землю, эти беспозвоночные не успевали бы ее перерабатывать, лесная подстилка из года в год утолщалась бы, через нее к корням растений не смогли бы проникнуть кислород и вода, растения стали бы гибнуть. Но в листопадных лесах обычно большую роль играют различные листогрызущие насекомые, особенно бабочки и жуки. Они не только вредители леса: поедая значительную часть еще зеленых листьев на деревьях и кустарниках, листогрызущие насекомые хорошо удобряют почву своими экскрементами и помогают подстилочным и почвенным беспозвоночным справиться с переработкой опадающей на землю листвы. А чрезмерное размножение листогрызущих насекомых постоянно сдерживают муравьи, а также насекомоядные птицы, хищные насекомые, насекомые-паразиты и очень многочисленные в этих лесах пауки.

Насекомые (шмели, бабочки и мухи) опыляют главным образом цветущие лесные травы. Большинство же видов деревьев и кустарников в листопадных лесах средних широт опыляет ветер. На травах, особенно на зонтичных, питаются нектаром и пыльцой взрослые паразитические насекомые — наездники и мухи-тахины. Их личинки уничтожают листогрызущих насекомых, что влияет на благополучие деревьев и кустарников. И чем меньше вытоптаны, выкошены или съедены домашним скотом лесные травы, тем менее оказываются поврежденными деревья и кустарники.

В *саваннах*, например в Африке, растительный покров состоит из высоких многолетних травянистых злаков, среди которых возвышаются редкие деревья и разбросаны рощи кустарников. Один из основных компонентов животного населения саванн — многочисленные стада диких животных: антилоп, зебр, буйволов и других крупных млекопитающих. Они, а также саранчовые в большом количестве поедают травы. Другой важнейший компонент животного мира саванн — это термиты, питающиеся подсохшим навозом копытных и слонов и растоптанными при передвижении крупных животных остатками высохших трав. Как и во влажных тропических гилеях, термиты здесь рыхлят почву, удобряют ее своими экскрементами и тем помогают жизни растений. Кроме того, в саваннах много крупных хищников, сдерживающих размножение копытных.



Видовое разнообразие животных суши.

Деревья и кустарники саванн очень важны для животных. Опыляют цветущие деревья и кустарники преимущественно бабочки, некоторые пчелы и птицы-нектарницы.

В *степях умеренного и субтропического климата*, которые в наши дни в большинстве уже полностью распаханы, травы еще в зеленом состоянии поедают преимущественно грызуны и многие насекомые, особенно саранчовые и гусеницы бабочек. Раньше много травы поедали дикие копытные — антилопы и лошади, а теперь — стада домашних животных. Навоз копытных в степях используют жуки-навозники, они закапывают его. Экскременты же растительноядных насекомых непосредственно падают на поверхность почвы, а далее дожди и талая вода вмывают их в глубь почвенного слоя. Наконец, несъеденные и уже высохшие остатки трав поедают жуки-чернотелки, а корни растений, как живые, так и отмершие,— личинки различных насекомых, почвенные клещи и черви. В результате совместной деятельности грызунов, беспозвоночных животных и микроорганизмов в степях образуется мощный слой очень плодородного чернозема. Этому способствует достаточное количество тепла в летнее время и слабое вымывание различных веществ из почвы незначительными и редкими дождями. А чрезмерное уничтожение трав растительноядными животными успешно сдерживают хищники — волки и лисы, насекомоядные и хищные птицы, муравьи, пауки, а также паразитические насекомые — роющие осы, наездники, мухи-жужжалы.

В общем, в степях, как и саваннах, животные поедают в основном еще зеленую растительность, а навоз копытных и оставшиеся сухие травы перерабатывают беспозвоночные. Но в степях вместо крупных копытных преобладают грызуны, «работу» термитов выполняют жуки-навозники, жуки-чернотелки и личинки разных насекомых, а в более влажных местах — дождевые черви. В опылении цветущих растений в степях участвуют как ветер, так и насекомые, особенно дикие земляные пчелы, осы и бабочки.

В *пустынях* деятельность животных очень интенсивна, но разреженный растительный покров, малое количество зеленых частей растений при обилии сильно развитых корней определяют здесь некоторые особенности биологического круговорота. Потребителей зеленых частей растений в пустынях относительно немного — это песчанки, немногочисленные антилопы и саранчовые. Они поедают в основном эфемеровые злаки, причем не только зеленые, но и быстро засыхающие уже в конце весны и в начале лета. Гораздо больше животных, питающихся подземными частями растений — корнями и луковицами: это тушканчики, личинки разных жуков и гусеницы бабочек, сверчки, сосущие корни, растительноядные клопы и другие насекомые. Сухими остатками растений особенно охотно питаются исключительно многочисленные и разнообразные жуки-чернотелки, а также термиты.

На насекомых в пустынях нападают преимущественно ящерицы, жуки-жужелицы, хищные клопы, пауки, фаланги и скорпионы, а также паразитические насекомые — наездники, осы и мухи. Некоторое количество насекомых, особенно саранчовых, бабочек и жуков, уничтожают насекомоядные птицы и муравьи, а на грызунов и ящериц нападают хищные птицы и млекопитающие, крупные ящерицы — вараны и змеи. Насекомые в пустынях опыляют множество кустарников и цветущих в начале лета трав.

В общем, животный мир пустынь, в отличие от растительного покрова, очень богат и разнообразен, его роль в биологическом круговороте веществ очень велика. Так же как в гилеях и саваннах, здесь мало питательных веществ накапливается в почвах — необходимые живым организмам вещества почти непрерывно переходят от одних организмов к другим. Этим пустыни существенно отличаются от степей.

Очень своеобразен животный мир в реках. В них не устанавливается устойчивый внутренний биологический круговорот веществ и энергии. Речные растения и животные существуют в значительной мере за счет постоянного притока минеральных и органических веществ с водой, а продукты их жизнедеятельности непрерывно и в большом количестве сносятся дальше по течению, питая другие растительно-животные комплексы той же речной системы, озер или приустьевые участки морей. Поэтому в реках особенно много личинок насекомых и червей, питающихся илом, а также животных-фильтраторов — мелких рачков, двустворчатых моллюсков, личинок комаров, пресноводных губок-бодяг и микроскопических инфузорий, которые захватывают из толщи воды взвешенные в ней органические остатки и одноклеточные водоросли и бактерии. Многие речные животные, прежде всего головастики, некоторые виды рыб и брюхоногие моллюски, питаются водорослями и высшими водными растениями.

Наиболее разнообразны в реках хищные животные: рыбы, лягушки, тритоны, личинки стрекоз и жуков-плавунцов, так же как взрослые жуки-плавунцы, водные клопы, пауки, клещи, личинки некоторых комаров и других насекомых, пиявки и гидры. Чем больше питательных веществ несет река и чем теплее в ней вода и спокойнее течение, тем богаче ее животный мир.

Река постоянно взаимодействует с прибрежными участками: родники, ручьи и дождевые потоки приносят в нее органические и минеральные вещества с берегов. Реки же при разливах отлагают на прибрежных участках пойм наносы плодородного ила. Но большую роль в обмене веществ рек с их побережьями играют и животные. Так, многие птицы, гнездящиеся на речных обрывах, на лугах или в зарослях деревьев и кустарников, питаются рыбой, лягушками и водными беспозвоночными. С другой стороны, личинки многих насекомых — стрекоз, подёнок, веснянок, ручейников, комаров, мошек, слепней и ильных мух, а также головастики лягушек развиваются в богатых пищей речных водоемах, тогда как взрослые животные вылетают или выходят на сушу, нередко удаляясь на несколько километров от реки. В результате благополучие жизни в реках во многом зависит от сохранности природы на их берегах и способов хозяйственного использования пойм человеком, а реки в той или иной мере оказывают влияние на растительность, животный мир и хозяйство человека на окружающих территориях.

Сколько видов животных обитает на Земле!

Животный мир с его неописуемым разнообразием размеров, форм, строения, окрасок, образа жизни множества загадочных существ изучен до сих пор недостаточно. Правда, ученые уже насчитывают около 80 тыс. видов моллюсков, 27 тыс. паукообразных, 20 тыс. ракообразных, 18 тыс. рыб, 15 тыс. червей, по 5 тыс. иглокожих и губок, 4 тыс. рептилий и т. д. Тем не менее ни один ученый-зоолог не сможет дать точный ответ на простой вопрос: а сколько же всего видов животных, больших и маленьких, составляют фауну нашей планеты? Особенно трудно с изучением мелких животных, таких, например, как некоторые отряды и семейства клещей, пауков, насекомых, червей и др. Энтомологам (специалистам по насекомым) очень часто приходится избирать себе на первый взгляд очень узкое поле деятельности, например изучать жуков какого-нибудь одного рода или семейства. Это не прихоть — в одном семействе могут быть сотни видов, различать и искать в природе их нелегко, а кроме того, нужно еще узнать, где, когда, сколько и как самка откладывает яички, где и сколько времени развиваются личинки и многое другое. Без этого нельзя определить причины распространения вида в одних угодьях и отсутствия в других, способы борьбы с вредным видом и возможные приемы защиты и использования полезного вида.

Из всех классов позвоночных животных лучше других изучены птицы. Они подвижны, шумливы, красивы; многие чудесно поют. Отыскивать их довольно легко, наблюдение за ними может доставлять большое удовольствие. Понятно, почему тысячи любителей в разных странах мира издавна с упоением занимаются изучением птиц и помогают орнитологам-специалистам в их исследованиях. Точные подсчеты показали, что число видов птиц, населяющих нашу планету, равняется всего 8635 или 8548 (часть ученых считает некоторые виды только подвидами). Нужно добавить, что у многих птиц самцы и самки сильно отличаются по размерам, форме оперения и окраске, оперение изменяется также в зависимости от возраста птицы, сезона и географического положения местности. Кроме упомянутых 8 тыс. видов, существуют еще десятки тысяч подвидов птиц. Все это значительно увеличивает пестроту и огромное разнообразие мира пернатых.

Млекопитающих насчитывают около 3500 видов, но число это не окончательное, оно непрерывно увеличивается, так как ученые ежегодно находят и описывают до 30—40 видов, ранее неизвестных науке, в основном это виды мелких грызунов и летучих мышей. Виды крупных млекопитающих, таких, как слон, буйвол, медведь, немногочисленны. В большинстве мест преобладают мелкие зверьки, причем на обширных участках континентов первое место по численности занимают грызуны. Например, у нас в СССР водится 143 вида грызунов, а это примерно около половины всего списка наших млекопитающих.

Но первое место по числу видов и по значению в жизни людей занимают насекомые. По предположениям одних энтомологов, число видов известных науке насекомых уже достигло 1 500 000, по другим предположениям, их (вместе с теми, которые пока еще не открыты) около 10 млн. Утверждают, что только 1% видов насекомых приносит вред продуктам, вещам и постройкам, ценным растениям полей, огородов, садов, лесным породам, сельскохозяйственным животным и здоровью самих людей, остальные — полезны или безвредны. Но и один процент — это многие тысячи видов. Среди них: комары — переносчики желтой лихорадки и малярии, мошки, слепни и дождевки — переносчики туляремии и сибирской язвы, блохи грызунов — хранители и переносчики бацилл чумы, мухи цеце — переносчики возбудителей сонной болезни и многие, многие другие. Численность особей многих насекомых огромна. Например, очень мелких ногохвосток, живущих на поверхности и в верхних слоях почвы, на 1 м^2 приходится от нескольких тысяч до 700 тыс. особей, в зависимости от обилия отмерших листьев, цветочной пыльцы, спор и мицелия грибов, составляющих их пищу. Эти крошечные и очень древние насекомые (их отпечатки известны в сланцах возраста 300—400 млн. лет) выполняют важную работу по созданию и сохранению плодородия почвы.

Энтомологи уже попытались вычислить вероятное суммарное количество всех насекомых на Земле; оно изображается единицей с 18 нулями, т. е. миллиардом миллиардов, причем эта цифра несколько занижена. На каждого человека приходится не менее 250 млн. этих мелких животных. Можно утверждать, таким образом, что Земля переживает период расцвета жизни насекомых (как когда-то рептилий).

Воздействие человека на природу

Использование природы в интересах людей

Природа и человек

Современный человек, особенно городской житель, на первый взгляд мало зависит от природы. Его окружают добротные отапливаемые дома, заводы и фабрики; транспорт движется по асфальтовым мостовым; реки закованы в гранит; мало зелени. Даже в сельской местности к жилью подступают распаханные поля, а лес порой голубеет лишь на горизонте... Но это обманчивое впечатление. Все вокруг нас: строения и машины, продукты питания и предметы потребления, сырье, над которым мы трудимся, наконец, энергию, которую расходует человек (будь то мышечная или умственная энергия или энергия, приводящая в движение мощные машины),— все это люди черпают из закромов природы. Правда, в процессе труда первоначальный вид, состав и свойства многих природных тел и предметов порой меняются до неузнаваемости. Но и в измененном виде нетрудно установить, что они сделаны из растительного, животного или минерального сырья.

Еще яснее связь с природой у возделанного поля, культурного растения или домашнего животного — их человек изменил сравнительно мало, превратив в управляемый источник сырья и продовольствия.

Но природа для человека не только источник продуктов питания и сырья для промышленной переработки. Человек — сам часть природы — нуждается и в благоприятной среде жизни с чистой водой и воздухом; в местах отдыха с красивыми пейзажами, среди которых особенно хорошо восстанавливаются душевные и физические силы; в нетронутых просторах для охоты и туризма. Ученые считают необходимым сохранять все дикие растения и животных как материал для введения в культуру и одомашнивания или гибридизации. Кроме того, инженеры находят в природе много такого, что они могут перенести в технику. Надо так использовать природу, чтобы она не теряла всех своих полезных и необходимых для человека качеств.

Между тем число жителей планеты растет все быстрее. К началу нашей эры население Земли составляло 200—300 млн. человек. Удвоилось оно лишь к середине XVII в., а утроилось к началу XIX в.: в 1800 г. на Земле жило 906 млн. человек. Вновь почти удвоилось оно уже за столетие: 1608 млн. человек в 1900 г. На следующее удвоение потребовалось лишь 60 лет: 3260 млн. человек

было уже в 1964 г. Предполагают, что к 2000 г. население Земли может достигнуть 6 млрд. человек.

С развитием цивилизации растут и запросы каждого человека к разнообразию пищи, удобству одежды, благоустройству жилищ. И обществу нужно все больше различных природных богатств. Их добыча и последующее превращение в продукты питания и предметы потребления — главная цель производства. Для того чтобы извлекать из природы эти богатства, люди создали мощные производительные силы и «наступают» на природу, оснащенные современной техникой. Сложные и разнообразные машины обрабатывают поля и убирают урожай, бурят скважины глубиной более 7 км и вгрызаются в пласты горных пород; электропилы валят лес, а древесину вывозят воздушной трелевкой; целые флотилии сейнеров во главе с плавучими заводами ловят рыбу, обнаруженную в глубинах океана радиолокаторами. И нескончаемым потоком — на кораблях и в поездах, на автомашинах и самолетах, по трубопроводам и линиям электропередач — продукты питания и строительные материалы, сырье и энергия, пройдя переработку на фабриках и заводах, текут в города и поселки к людям.

Проходит ли это бесследно для природы? Конечно нет. Девственная природа Земли давно и значительно изменена человеком. Общая площадь возделанных земель, включая пашни, плантации, сады и виноградники, достигла 1400 млн. га, а площадь лугов и пастбищ, используемых в сельском хозяйстве, почти вдвое больше — 2600 млн. га. Вместе они занимают около 30% суши. Примерно столько же — на 1—2% больше — занимают теперь леса; на огромных площадях они вырублены и уступили место культурным ландшафтам. Богатые месторождения полезных ископаемых, лежащие близко к поверхности Земли, в основном уже открыты и разработаны — приходится использовать более бедные или глубже залегающие. Например, средняя глубина разведочных буровых скважин на нефть и газ уже превысила 3 км, а в некоторых районах достигает 4—5 км. Карьеры для открытой разработки полезных ископаемых углубляются до 500—700 м, а подземные горные работы — глубже 3000 м. Все интенсивнее используются различные виды энергии, особенно топлива: выработка энергии на душу населения за 100 лет — с 1850 по 1950 г. — увеличилась в 20 раз, и в настоящее время общее количество вырабатываемой энергии на Земле ежегодно возрастает еще на 4%. Для нужд водоснабжения и орошения из различных источников забирается 2000 км^3 воды, из них 150 км^3 безвозвратно. В засушливых районах целые реки полностью используются для орошения полей, а в некоторых индустриальных районах нехватка воды не позволяет строить новые предприятия.

Человечество использует большие площади для размещения жилых и производственных построек, под различные пути сообщения и водохранилища.

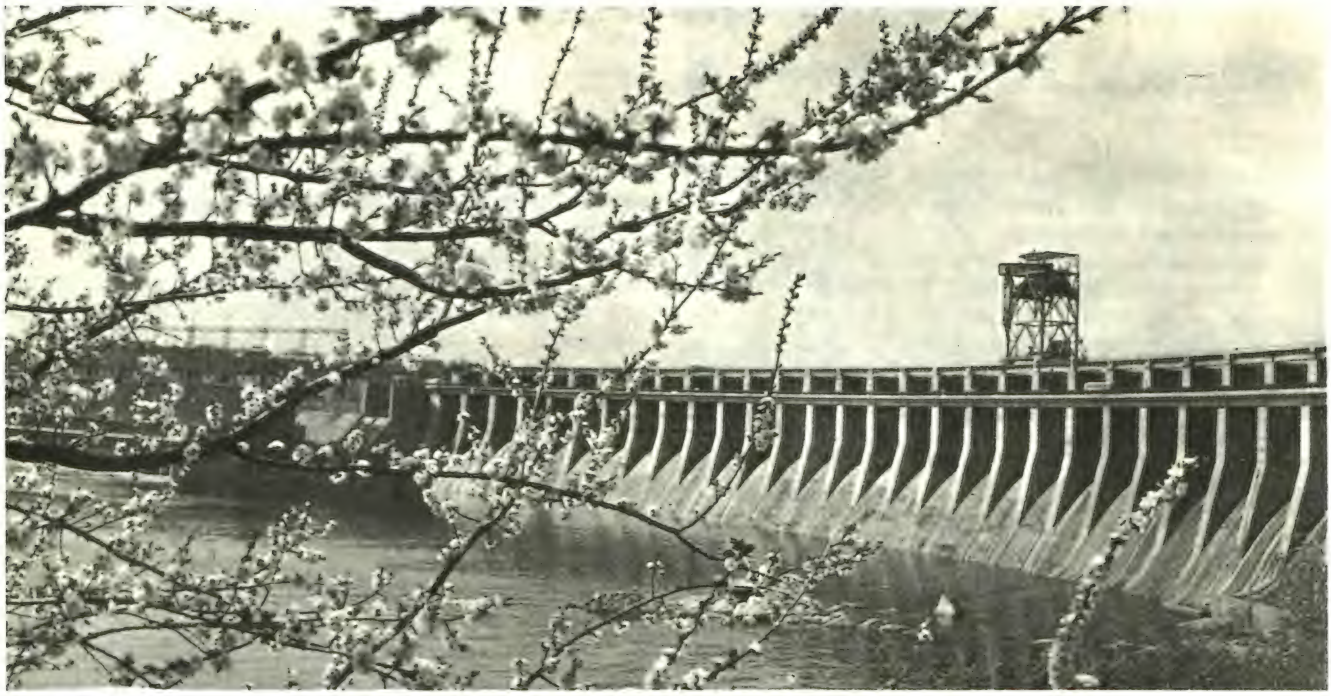
Влияют на состояние природы и различные «побочные явления», сопутствующие производству. Например, при добыче полезных ископаемых из шахт и карьеров на поверхность Земли поднимается много пустой породы, в два с лишним раза превосходящей объем добываемого угля, а при добыче руд на ее долю приходится $^3/_5$ объема. Пустые породы часто идут «в отвал», или из них растут пирамиды «терриконников».

Кроме того, люди засоряют природу различными отходами производства, промышленными и бытовыми стоками, шлаками. Так, при сжигании угля 22% его веса остается в виде золы. Велики отходы металлургии и химии, многих отраслей пищевой промышленности.

Наконец, при неправильном ведении сельского хозяйства наносится значительный ущерб земельным угодьям. Например, овражной эрозии и смыву подвержено 600—700 млн. га, т. е. почти половина всех обрабатываемых площадей. А американская служба охраны земель подсчитала, что, если бы всю почву, вымываемую за один год с полей США, погрузить в железнодорожные вагоны, получился бы состав, который 18 раз опоясал бы земной шар.

Таким образом, человечество немало уже извлекло из природы, заняло большие площади Земли под свои нужды, многое изменило. Естественно, возникают вопросы: хватает ли сейчас богатств природы и хватит ли их в будущем? Сможет ли человечество развиваться и идти по пути прогресса или оно должно будет свертывать производство и сокращать свою численность? Каково будущее природы нашей планеты? Эти вопросы многие века волнуют всех, кто думает о будущем человечества. И дают они ответы часто прямо противоположные. Почему?

Дело в том, что с природой взаимодействует не группа людей, даже не просто все человечество, а классовое общество, развивающееся по социальным законам. И на характере ответов на поставленные вопросы, на подходе к решению проблемы сказываются общественные отношения людей, интересы классов, к которым они принадлежат, цели, которые они преследуют. В зависимости от того, с какими классами связаны ученые или общественные деятели, широта их взглядов, понимание перспектив исторического развития общества, выбираемые факты и их анализ оказываются различными.



Само собой разумеется, что ни в рабовладельческом, ни в феодальном обществе власть имущие не ставили целью создать хорошие условия жизни для рабов или крепостных: они заботились лишь о своем могуществе, своих богатствах, а при их нехватке стремились поправить дела за счет набегов на владения соседей.

Буржуазия пришла к власти в результате революций, на знаменах которых были написаны замечательные слова: «Свобода, Равенство и Братство». С буржуазной революцией связана и революция промышленная — машинное фабричное производство создало предпосылки для создания достатка материальных благ для трудящихся. Но это совсем не входило в планы буржуазии — капиталисты заинтересованы только в получении прибыли. Им необходимы и дешевые рабочие руки, резервом которых служит армия безработных. И несмотря на наличие огромных капиталов, на большие технические возможности, при капитализме все время от $^1/_3$ до $^1/_2$ человечества просто голодает.

Если с рабами и крепостными их властители главным образом расправлялись силой, буржуазия придает больше внимания идейным факторам подавления недовольства народа. И буржуазные ученые нередко объясняют тяжелое положение трудящихся естественными причинами, будто бы не зависящими от людей. Например, на каком-то определенном отрезке времени они подсчитали, что численность населения растет быстрее, чем увеличиваются запасы продовольствия (то, что развитие земледелия тормозят социальные причины, они не «замечают»), и на этом основании формулируют «закон перенаселения». Буржуазные ученые ограничивались констатацией того, что месторождения полезных ископаемых истощаются, что запасы азота в почве убывают, что сводятся леса, что уничтожаются целые виды животных и растений, но не пытались вскрыть настоящие причины этих явлений и призывали голодных людей к терпению и бережливости. Наиболее реакционно настроенные ученые оправдывали не только обнищание трудящихся, но и кровопролитные войны за овладение богатствами природы, говоря, что гибель людей и уменьшение численности населения просто необходимы человечеству.

Подлинную сущность капиталистического общества, в котором не только фабрики и заводы, но и богатства природы — земля, леса, недра — являются частной собственностью, вскрыли К. Маркс и Ф. Энгельс. Они показали, что стремление капиталистов к наживе и конкуренции переносит на человеческое общество волчьи законы борьбы за существование, а это определяет хищническое отношение и к трудящимся, и к богатствам природы. Напротив, новое, самое гуманное, социалистическое общество, которое ставит своей целью максимальное удовлетворение все растущих потребностей людей, постоянно стремится всемерно повышать продуктивность природы, заботясь и о последующих поколениях. Если изучить законы природы и поставить их на службу людям, можно таким образом повести дело, что в ходе использования богатства природы будут не только восстанавливаться, но и возрастать. Активным воздействием на природу люди могут добиться повышения ее продуктивности, развить ее

Плотина Днепровской гидроэлектростанции имени В. И. Ленина.

Добыча руды в открытом карьере.

полезные и ослабить неблагоприятные свойства. Например, Ф. Энгельс утверждал, что «приложением капитала, труда и науки» можно бесконечно повысить урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы. Напротив, если люди воздействуют на природу, не считаясь с ее законами, они оставляют после себя пустыню.

Значит, наука, разум должны не оправдывать беды человечества плохим состоянием природы, а стремиться раскрыть ее законы и помочь использовать их в интересах и людей и природы. Это будет способствовать и прогрессу самой науки, потому что, как писал Ф. Энгельс, разум развивается не от созерцания природы, а «соответственно тому, как человек научился изменять природу».

Таким же оптимизмом, верой в творческие силы людей проникнуты взгляды В. И. Ленина, который доказывал, что применение данных науки и новейшей техники обеспечит небывалый прогресс производительных сил, а соблюдение научно-технических правил эксплуатации позволит сберечь и приумножить богатства природы. Капитализму свойственна безжалостная эксплуатация природных богатств, говорил В. И. Ленин, и объяснять сокращением этих богатств растущую трудность существования трудящихся — значит становиться защитником капитализма.

И мы видим, что социализм на деле продемонстрировал свои возможности разумно пользоваться благами природы. Наша партия и правительство стремятся так организовать дело, чтобы научно-технический прогресс сочетался с хозяйственным отношением к природе, заботятся о том, чтобы не только мы, но и последующие поколения могли пользоваться всеми благами природы. Чтобы понять, на чем основаны эти оптимистические выводы, познакомимся с тем, что такое естественные ресурсы.

Естественные ресурсы

Что такое естественные ресурсы? Человечество стремится использовать всю окружающую природу: энергию Солнца и недра Земли, воду и воздух, растительность и животный мир, их уже известные запасы и то, что еще предстоит открыть. На практике же люди используют не все многообразные богатства природы, а только те, что соответствуют их потребностям и возможностям на данном уровне развития общества. Поэтому *естественными ресурсами* называют лишь те богатства природы, которые могут быть использованы на данном историческом этапе, с учетом технических и других возможностей общества.

Первобытных людей было еще сравнительно мало на Земле, да и жили они среди нетронутой природы. Но доступных им ресурсов было немного: примитивными орудиями труда и охоты они могли добыть для себя лишь готовую пищу, т. е. растения и животных. Съедая их, люди поддерживали свою мускульную энергию — единственную, которую они умели использовать. И не мудрено, что они часто голодали, мерзли, мокли и сильно зависели от капризов природы. А каменный уголь, например, был для них лишь бесполезным черным блестящим камнем, менее ценным, чем твердый кремень, пригодный для изготовления примитивных орудий.

Как расширяется и меняется набор естественных ресурсов, проследим на примере топлива. Тысячелетиями человек сжигал лишь растения. За счет их горения он обогревал жилье и готовил пищу, а потом стал плавить и закаливать металл, обжигать глину. И до начала XIX в. металлургия работала на древесном угле. Развитие металлургии и появление паровых машин потребовали новых источников топлива. Люди научились использовать каменный уголь, что спасло леса от истребления. Теперь древесина применяется как поделочный и строительный материал, как сырье для производства бумаги, тканей, спирта и ряда других полезных вещей. Да и уголь стремятся все меньше сжигать как топливо — тепловые электростанции переводят на его низкие сорта.

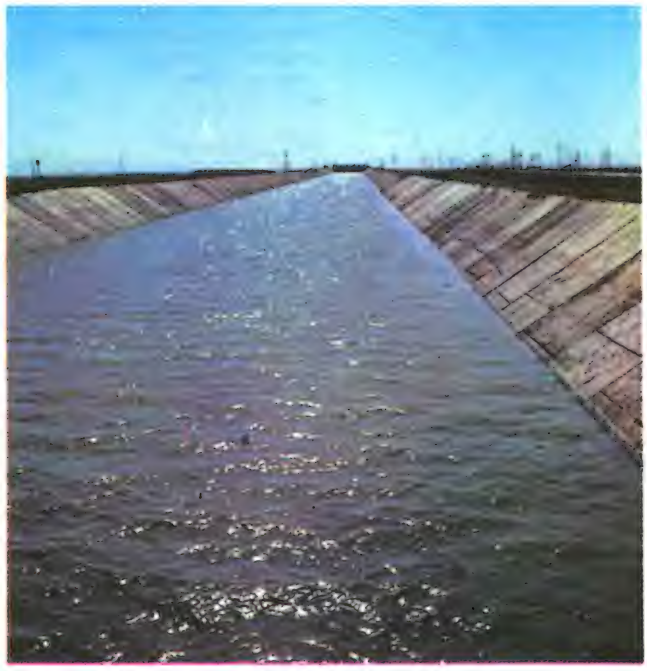
Еще на заре нашей эры люди были знакомы с маслянистой жидкостью — нефтью и использовали ее в лечебных целях, а также жгли в светильниках. Резко возрос спрос на нефть в связи с изобретением двигателя внутреннего сгорания, и сейчас нефть и нефтепродукты стали главным топливом человечества. А во многих странах природные и попутные нефтяные газы еще 30—40 лет назад не использовались и сжигались в «факелах»: люди не умели ни собирать газ, ни транспортировать его на большие расстояния. Но уже сейчас нефть и газ всё в больших количествах используются как сырье в промышленности химического синтеза. Им на смену как «топливо» для ядерных реакторов идет атомная энергия. Первая опытная атомная электростанция была создана в нашей стране в середине 50-х годов. С тех пор построены мощные атомные электростанции, меньше влияющие на окружающую среду, чем тепловые. В нашей стране намечена широкая программа строительства атомных станций. А запасы открытых геологами урановых руд обеспечивают развитие энергетики человечества на многие сотни лет.

Но есть еще источники энергии, совсем не расходующие топлива. Многочисленные гидроэлектростанции перерабатывают в электрическую энергию силу течения рек. В промышленных масштабах поставлены опыты по использованию энергии морских приливов и внутреннего тепла Земли, «малая энергетика» использует ветровые двигатели. А впереди неограниченные перспективы использования энергии солнечной радиации. Сейчас коэффициент полезного действия солнечных установок на Земле не особенно высок, да и применяются они лишь в южных районах, главным образом для подогревания воды в теплицах и для бытовых нужд. Но не нужно забывать, что ходовые устройства и вся аппаратура «Лунохода-1» и многих других космических аппаратов работают от солнечных батарей.

Не только топливо, но и другие виды ресурсов заменяются менее дефицитными. Например, человечество начало использование металлов с самородного золота и обломков железных метеоритов, которых сравнительно мало на Земле. А ныне один из наиболее широко используемых металлов — алюминий добывают из бокситов — разновидности глины, или из нефелинового камня, запасы которого колоссальны. Долго не удавалось использовать сибирскую лиственницу: стволы ее тонули при сплаве, а древесину не умели применять для производства целлюлозы. Поэтому в тайге вырубали лишь сосну, кедр, ель и пихту. Сейчас лиственницу сплавляют в плотах, связывая ее с более легкими породами, найдены и способы переработки ее древесины. В химической промышленности долгое время азотные удобрения приготовлялись лишь из чилийской селитры. Теперь же основным сырьем химии стал природный газ, а азот «берут» прямо из воздуха. Развивается химия полимеров: пластмассы и искусственные ткани идут на смену металлам и материалам из растительного и животного сырья.

По мере развития общества и его производительных сил меняется не только характер использования отдельных ресурсов, но и соотношение между их группами. Подсчитано, например, что в нашей стране в канун первой мировой войны, в 1913 г., на

Канал в пустыне Каракум.



Водораспределительное сооружение на реке Чу в Казахстане.

долю продуктов питания и древесины приходилось 88,7% всех добытых первичных материалов, на топливо — лишь 5,3% и минеральное сырье — 6%. В 1960 г. доля топлива поднялась до 24,7%, минерального сырья — до 32%, а доля продуктов питания и древесины снизилась до 43%.

В историческом расширении круга ресурсов, в смене направления их использования, кроме потребностей человечества и его технических возможностей, есть еще и другая логика: люди стремились заменять более дефицитные ресурсы менее дефицитными, более рационально, с большей пользой использовать сырье и энергию. При этом учитывалось знание природы самих ресурсов и процессов их образования. С этой точки зрения естественные ресурсы можно разделить на возобновимые, невозобновимые и неисчерпаемые. И в разных подходах к эксплуатации этих ресурсов раскрываются огромные резервы.

Возобновимые ресурсы. Многие ресурсы природы возобновляются естественным путем, в ходе сложившегося на Земле круговорота вещества и энергии. Пополняются источники пресных вод и почвенной влаги, восстанавливаются плодородие почв, растительность: леса и пастбища, наземная и сухопутная фауна земного шара — эти самые древние ресурсы человечества.

При использовании ресурсов дикой растительности и животного мира нужно учитывать скорость их возобновления: это позволяет снять максимальный урожай, а также поддерживать или наращивать продуктивность угодий. Например, для поддержания запасов древесины лес надо рубить в пределах годового прироста или так чередовать делянки для рубки, чтобы возвращаться к ним по мере спелости леса (разные типы леса достигают спелости за 50—100 лет). Рубить больше, чем подрастает,— значит сводить леса. Нельзя рубить молодняк — он низкого качества. Но плох и перестойный лес — в нем развиваются грибковые и другие заболевания древесины, размножаются вредные насекомые. Вовремя не срубленный лес — это загубленное богатство. При рубке леса надо обязательно создавать благоприятные условия для его возобновления: оставлять на лесосеках семенники, стремиться не нарушать почвенный покров, не допускать захламленности лесосек, их заболачивания.

Эти принципы справедливы и при организации охоты. Например, если не снять «урожай» пушных зверей этого года, зверьки могут погибнуть или численность их настолько возрастет, что начнутся бескормица и болезни, а это скажется на качестве меха. Но нельзя и превышать их промысла — это подорвет поголовье. К сожалению, по экономическим причинам, включая нехватку охотников и организационные трудности, обычно излишне интенсивно эксплуатируются охотничьи угодья, примыкающие к обжитым местам или к путям сообщения, а в глубинных районах «урожаи» просто пропадают для человека. Это относится и к использованию других возобновимых ресурсов: травы на лугах и пастбищах, рыбы, грибов, ягод и т. д. И людям предстоит еще большая работа как по поддержанию состояния или восстановления ресурсов дикой растительности и фауны в тех районах, где им нанесен ущерб, так и по освоению слабо используемых человеком территорий.

Драга — плавучее сооружение для разработки редких полезных ископаемых.

В обеспечении человечества возобновимыми ресурсами животного и растительного происхождения всё бóльшую роль играют земледелие и животноводство. Они позволяют регулировать ассортимент и беспрестанно увеличивать ресурсы и применять высокопроизводительный механизированный труд.

Пополняя запасы почвенной влаги за счет талых и дождевых вод или орошения, внося необходимые питательные вещества — органические и химические удобрения и подбирая соответствующие природным условиям сорта растений, можно достичь очень высоких урожаев. В ряде развитых стран и в некоторых районах нашей страны урожаи уже превысили 30 ц с га. Если бы удалось, например, к 2000 г. довести среднюю урожайность (в пересчете на зерно) до этого уровня во всех странах, то на Земле, не увеличивая современную площадь возделанных угодий, можно будет прокормить 13 млрд. человек, т. е. вдвое больше, чем ожидается к тому времени по прогнозам. Между тем средние урожаи продолжают оставаться низкими, и почти половина населения Земли, особенно в слаборазвитых странах Южной Азии, Африки и Южной Америки, голодает. И дело здесь не в условиях природы — необходимы социальные преобразования.

В животноводстве все больше применяется стойловое содержание скота, не требующее обширных пастбищ. Не только в густонаселенных районах, но и на далеком севере строят птицефабрики производительностью в миллионы штук яиц: несушки в них содержатся в клетках с искусственным подогревом и освещением. Даже меха в нашей стране более 80% (в переводе на деньги) дает не охота, а клеточное звероводство. Все более «культурным», регулируемым человеком становится и лесное хозяйство: леспромхозы не только ведут заготовку древесины и других связанных с лесом ресурсов (живицы, скипидара, орехов, кое-где грибов и ягод), но и обеспечивают возобновление прикрепленных к ним лесов, отвечают за их состояние.

Невозобновимые ресурсы. К этой группе ресурсов относятся богатства недр. Месторождения большинства полезных ископаемых образовались давно — в прошлые геологические эпохи, при других природных условиях. Конечно, исключения есть: мы можем наблюдать, как в наши дни в озерах и лагунах осаждаются различные соли, в вулканических областях из недр выносятся сера и термальные воды, вокруг источников осаждаются пористые породы — травертины. Россыпные месторождения пополняются за счет размыва коренных горных пород. Возобновляются запасы минеральных вод, а возможно, и нефти.

Но главные клады полезных ископаемых уже находятся в земной коре, и по мере их раскрытия и разработки богатых месторождений становится меньше. И все-таки с полезными ископаемыми положение человечества не представляется угрожающим. Трудности с отдельными видами руд и топлива в некоторых старых горнопромышленных районах носят скорее местный характер. В целом открытые геологами запасы полезных ископаемых все время значительно опережают потребности. Более того, многие даже очень крупные месторождения еще ждут своей очереди: разрабатывать их в современных условиях менее выгодно, чем другие, более доступные месторождения. Например, в нашей стране в «резерве» огромные залежи углей Тунгусского и других сибирских бассейнов, вилюйского газа и ряда других. Геологи стремятся искать полезные ископаемые в более обжитых и удобных для эксплуатации районах. И их открытия порой в корне меняют прежние представления. Так, еще в 20-х годах считалось, что нефть залегает только в предгорных прогибах (как, например, на Кавказе), и сама попытка искать ее на равнинах казалась фантазией. А теперь Волго-Уральское междуречье — главный район нашей страны по добыче нефти уже кажется старым. Нефть и газ у нас добывают и на Западно-Сибирской равнине, и в белорусском Полесье, и в пустынях Средней Азии. Открыта нефть на равнинах и других материков. В последнее время добыча широко шагнула на морские мелководья — за Каспием и Персидским заливом последовали Мексиканский залив и берега Венесуэлы. А сейчас геологи предсказывают, что многие районы морского

дна — Северного и Балтийского морей, мелководья у берегов Канады и Советской Арктики богаче нефтью, чем суша.

При эксплуатации месторождений полезных ископаемых нужно стремиться к бережливости. Раз руда добыта, из нее надо извлечь все элементы, а потом уже выбрасывать пустую породу. Необходимо полностью использовать и пласты разрабатываемых месторождений. Например, при обычной откачке нефти свыше 50% ее остается в пластах. Придумано несколько способов более интенсивной эксплуатации скважин. Один из них: в скважину закачивают воду для повышения межпластового давления.

Для сбережения дефицитных невозобновимых ресурсов очень важно вовремя подобрать их более распространенный заменитель. Поэтому геолог, ведущий упреждающий поиск новых месторождений, должен знать, как совершенствуется технология использования более бедных руд. А перспективы здесь безграничны. Ведь месторождения лишь сгустки полезных веществ. В качестве потенциальных ресурсов можно рассматривать все воды океана и породы, слагающие земную кору. В них в огромных количествах, но в рассеянном состоянии содержатся все элементы менделеевской системы.

Неисчерпаемые ресурсы. Эту группу образуют самые различные ресурсы: энергия солнца и ветра, морских приливов и подземного тепла, многие звенья круговорота воды, земная атмосфера. При использовании этих вечных ресурсов перед человечеством прежде всего возникают чисто технические трудности. Например, главную энергию всех процессов на Земле — солнечную радиацию — используют для выращивания сельскохозяйственных культур, в климатотерапии, но это первые шаги по ее превращению в ресурсы человечества.

Возможно, неисчерпаемы и ресурсы атомной энергии: уже сейчас открытые запасы урановых руд на сотни лет обеспечивают потребности человечества. Не исключено, что люди научатся расщеплять и другие вещества.

Преобразование природы

Мы видели, что общая тенденция обеспечения человечества естественными ресурсами оптимистична. В истории человечества не раз возникали трудности — каких-то ресурсов не хватало, но люди находили выход из создавшегося положения. Толчком к прогрессу науки и техники, к поиску новых ресурсов были возросшие потребности людей.

Неоправданный ущерб природе наносило хищническое ведение капиталистического хозяйства. В нашей стране с плановой экономикой открываются совершенно новые возможности использования ресурсов. Но реализовать их полностью все-таки трудно. И не только потому, что на восстановление природы, на освоение дальних районов порой не хватает средств или рабочих рук. Просто трудно учесть одновременно противоречивые запросы к природе различных отраслей хозяйства, науки, гигиенические требования и т. д. Выигрыш в одном наносит ущерб в другом. Да и наука не всегда еще может правильно предвидеть все последствия воздействия на природу. Поэтому у ученых, в том числе у специалистов наук о Земле, впереди еще много работы и нерешенных сложных проблем.

Надо так организовать использование природы для производства, чтобы ее ресурсы не убывали, а по возможности возрастали. Для того чтобы удовлетворить растущие запросы общества и в то же время обеспечить высокую продуктивность природы, в нашей стране применяются районные планировки и активное преобразование природы.

Прежде всего надо так разместить на местности земельные угодья и предприятия разных отраслей промышленности, города и зоны отдыха, чтобы не только учесть их различные запросы к природе, но и предусмотреть меры по ее улучшению и охране, по разумному использованию ресурсов. Сделать это помогают так называемые *комплексные районные планировки.* По сути дела это проекты развития территории районов, которые разрабатывают общими усилиями ученые, инженеры, архитекторы, экономисты. Приступая к составлению проекта, они всесторонне изучают природу и хозяйство района, его ресурсы. Затем намечают общую линию развития района, определяют его «лицо» в масштабе всей страны. Например, один район будет развиваться преимущественно как индустриальный, с преобладанием энергоемких или химических производств, другой — как горнодобывающий, третий — как курортный; в каждом из них свой набор ведущих, сопутствующих и обслуживающих отраслей. В проекте района предлагается так разместить различные объекты, чтобы им было удобно использовать природные условия или естественные ресурсы и чтобы один вид использования не мешал другому. Намечаются и необходимые меры по улучшению или охране природной среды, по восстановлению нарушенных хозяйственной деятельностью участков, по воспроизводству ресурсов. Например, план развития Прибай-

калья составлен с таким расчетом, чтобы хозяйство района, опирающееся на добычу полезных ископаемых, энергию рек и лесные богатства, не только использовало чистые воды Байкала, но и позволило сберечь это замечательное озеро. Для этого необходимо сохранить достаточные площади леса в гористой местности, откуда стекают в Байкал 330 питающих его рек.

Если состояние природы не может удовлетворить растущие потребности, люди стремятся улучшить природные условия или увеличить естественные ресурсы, сделать их более доступными для использования с помощью *преобразования природы*. Хотя название это сравнительно новое — широко оно стало употребляться уже после Великой Отечественной войны,— активной переделкой природы люди занимаются очень давно.

С глубокой древности изменение природы было связано с освоением новых земель. Люди заменяли малопродуктивные естественные угодья более продуктивными: распахивали луга и пастбища, сводили леса. Тогда даже подсечно-огневая система земледелия, при которой лес вырубали, а пни, остатки древесины, травы, кустарники сжигали, была оправданной: при тогдашней примитивной технике люди не могли справиться с растительностью лесов и удобрить почвы под ними (этим способом и сейчас пользуются в тропиках, где растительность буйная, а почвы бедные). Главным средством изменения природы засушливых земель издавна было орошение: земледельческие оазисы в пустынях существуют тысячи лет. Орошение потребовало накопления и сохранения воды в водохранилищах, подачи ее на поля каналами. Это означало преобразование речной сети и стока. Развитие гидротехники позволило изменять природу рек и в интересах судоходства: с помощью плотин в летнюю межень (низкий уровень воды в реках) поддерживались судоходные глубины, а каналы между верховьями рек (их сооружение в Европейской части нашей страны развернулось в XVIII в.) при переходе из бассейна одной реки в другую избавляли от необходимости тащить суда «волоком» или перегружать товары на телеги. Плотины на ручьях и реках помогали использовать силу текучей воды для вращения рабочих колес водяных мельниц и других простых механизмов. Эти изменения природы диктовались экономическими причинами. Но проводилось и осушение местности для оздоровления условий жизни. А на небольших участках, особенно в резиденциях правителей ряда восточных государств, создавались дивные, сказочной красоты уголки природы, с искусственными водоемами и парками. Все эти меры убеждали людей в их власти над природой. Но и природа порой сильно наказывала своих преобразователей за пренебрежение к ней. Из-за вырубки лесов мелели реки и пересыхали колодцы, распашка лугов на склонах вызывала рост оврагов и смыв почв, а на сухих землях — ветровую эрозию; из распаханных районов откочевывала дичь. Орошение нередко сопровождалось засолением земель, и люди вынуждены были бросать возделанные оазисы. Сооружение плотин приводило не только к затоплению плодородных земель в поймах рек, но и к заболачиванию прибрежных участков, к ухудшению качества воды, нарушало привычные условия жизни рыб. На этих уроках люди убеждались в необходимости уметь предвидеть неблагоприятные последствия изменения природы, что во многом определило направление развития наук о Земле.

В наши дни в преобразовании природы, в увеличении ее ресурсов заинтересованы буквально все отрасли народного хозяйства. Мы стремимся значительно увеличить продукцию сельского хозяйства, а для этого нужно улучшить существующие и освоить новые земельные угодья или «отремонтировать» земли, испорченные оврагами и засолением. Для промышленности, орошения и водоснабжения требуется колоссальное количество пресной воды, и мы накапливаем ее, задерживая паводки. Высокие плотины гидростанций увеличивают гидравлическую силу рек. По-прежнему много внимания приходится уделять реконструкции путей для речного судоходства. Освоение богатств недр ряда труднодоступных районов нельзя развернуть без улучшения их природы. Наконец, быстрый рост городов и промышленности требует поддержания благоприятной среды жизни в промышленных районах и на прилегающих территориях, создания новых зон отдыха и лечебных курортов.

При этом нередко приходится преобразовывать природу уже обжитых территорий с развитым хозяйством. Да и воздействие на природу становится все более сильным. Поэтому необходимо предвидеть весь комплекс будущих изменений природы и всесторонне учитывать его при разработке и осуществлении проектов преобразования. Это особенно важно потому, что, хотя цели у разных отраслей хозяйства свои, применяемые ими меры воздействия на природу очень тесно связаны между собой. Например, для повышения продуктивности земельных угодий стремятся создать оптимальные для сельскохозяйственных растений сочетания тепла и влаги, задерживая на полях дождевые и талые воды специальной обработкой почвы, накоплением снега, лесными полосами и другими приемами, а в засушливых рай-

онах и орошением. Естественно, в результате этих мер меньше воды стекает в реки, и они мелеют. Между тем многие гидротехнические средства преобразования природы направлены на то, чтобы накопить в реках воду для работы гидроэлектростанций и водоснабжения, орошения и судоходства. Но устраиваемые для этого водохранилища уже затопили несколько миллионов гектаров плодородных земель, вызвали подтопление и заболоченность прилегающих лугов и лесов. В реках, превратившихся в своеобразные «лестницы» стоячих водохранилищ, хуже стала вода, увеличилось испарение. Кроме того, они выносят теперь очень мало питательных веществ на пойменные земли и в дельты, где нерестится рыба. Далее, с ростом потребления все меньше воды стекает в замкнутые водоемы. В результате такие озера, как Каспий, Арал, Балхаш, мелеют, рыбы в них становится меньше. Вот и приходится в конкретных условиях решать, что же выбрать, чему отдать предпочтение, как побольше преуспеть в одном и поменьше проиграть в другом. При преобразовании природы перед учеными, проектировщиками и хозяйственниками возникает множество таких сложных проблем.

В основе многих проектов преобразования природы больших территорий лежит переброска по каналам речных вод из районов, где ее много, в места с нехваткой воды. Предполагается, что изъятие излишков воды должно помочь оздоровить и осушить заболоченные территории и дать воду для засушливых. Такие проекты стали рождаться еще в середине прошлого века как в нашей стране, так и в других странах.

За рубежом, например, десятилетиями обсуждается вопрос об орошении Сахары водами рек Конго и Нигера. Для этого предлагается создать огромное водохранилище в районе озера Чад и затопить обширные земли.

В нашей стране особенно популярны проекты поворота сибирских рек, в первую очередь Оби и Иртыша, в богатые солнцем пустыни Средней Азии. За последние сто лет предлагались десятки разных вариантов технических решений. Но к осуществлению таких проектов надо подходить очень осторожно. Дело здесь не в технических трудностях или нехватке средств. Воздействие таких радикальных преобразований на природу очень велико, и предпринимать их следует, взвесив все за и против. Еще в 50-х годах инженер М. М. Давыдов предлагал создать в центре Западно-Сибирской равнины (тогда ее называли низменностью) огромное «Сибирское море» — водохранилище, из которого воду по каналу, прорытому в Тургайских Воротах, самотеком пустить в Северный Казахстан и далее в Среднюю Азию вплоть до Арала. Это бы полностью загубило и без того заболоченную Западную Сибирь, но тогда ее считали бросовой землей, бедной полезными ископаемыми: в то время в ее недрах не были открыты колоссальные богатства нефти и газа, угля, железной руды. С другой стороны, не были хорошо изучены водные ресурсы самой Средней Азии, а также количество и качество пригодных для орошения земель, расположенных в районах, куда удобно подать воду. Теперь ищут другие пути решения этой проблемы. В частности, вода по каналу Иртыш — Караганда пришла уже в центр Казахстана. Разрабатываются и осуществляются проекты поворота рек в верховьях без затопления обширных территорий. Уточняются действительные потребности в воде Средней Азии. В самой же Западной Сибири отказались даже от постройки ГЭС на нижнем течении Оби — для борьбы с заболоченностью здесь нужно не запружать реки, а усилить сток, спрямить и расчистить русла. Это важно для ее почв, лесов и климата, для улучшения условий жизни в Западной Сибири.

На примере этой большой и интересной проблемы мы хотели показать круг вопросов, который встает перед *современной конструктивной географией*, разрабатывающей научные основы планомерного преобразования природы и прогнозов изменения природной среды, а также принципы формирования или реконструкции хозяйственных комплексов в новой природной обстановке.

Но поворот сибирских рек лишь одна из проблем, над которой работает конструктивная география. Использование рек Европейского Севера и судьбы Байкала, Арала и Каспия, урожайность полей и состояние ресурсов леса, борьба с эрозией и лавинами, районные планировки и охрана природы — все входит в круг ее интересов. Вопросы эти тесно связаны между собой.

Поэтому географы выступают с предложением разработать единый Генеральный план преобразования природы нашей страны.

В числе основных задач развития научно-технического прогресса, поставленных XXIV съездом КПСС, говорится о необходимости разрабатывать научные основы охраны и преобразования природы в целях улучшения естественной среды, окружающей человека, и лучшего использования природных ресурсов. Это открывает широкие перспективы для развития наук о Земле, заботящихся и о природе и об интересах человека.

Вода и человечество

Пресная вода, пригодная для снабжения населения и промышленности, а также для орошения, постоянно возобновляется в процессе круговорота. Ресурсы ее велики и вечны. Однако оценить их можно, лишь сопоставив с потребностью человечества в воде. Оказывается, что в ряде крупных районов Земли, даже богатых реками, в последние десятилетия стал ощущаться недостаток чистой пресной воды. Дело в том, что некоторые способы использования водных ресурсов, удовлетворявшие в прошлом, когда потребности людей в воде были гораздо меньше, теперь уже устарели и качество воды стало резко падать. Поэтому на земном шаре появились довольно крупные районы с грязной водой в реках и озерах.

Чтобы устранить назревающую угрозу истощения водных ресурсов, пришло время изменить некоторые принципы их использования и охраны.

Сколько воды расходуется на Земле

Ежегодно люди безвозвратно забирают из рек и озер приблизительно 2000 км^3 пресной воды, что составляет около 5% стока рек земного шара, или 13% их устойчивого стока, т. е. стока подземного происхождения или зарегулированного озерами и водохранилищами. Больше всего воды (приблизительно 1750 км^3) расходуется на орошаемое земледелие — самую водоемкую отрасль хозяйства. Это особенно сильно сказывается на реках в зонах массового орошения: Нил, например, разбирается наполовину, а из Сырдарьи на орошение идет две трети годового стока. Но вода на орошение расходуется еще крайне расточительно. Устранив ее непроизводительные потери, можно тем же количеством воды оросить в 1½, а в некоторых случаях и в 2 раза больше земли. Орошение теперь все дальше распространяется на север, вплоть до зоны избыточного увлажнения, где в течение года влаги много, но в летние месяцы ее часто не хватает для получения высоких урожаев. Поэтому у нас в Прибалтике и в некоторых других странах, например в Нидерландах, устраивают мелиоративные системы двойного действия: большую часть года они осушают землю, но если нужно, мелиоративные системы можно использовать и для орошения.

Очень важная задача земледелия, особенно орошаемого,— снижение расхода воды на производство единицы продуктов растениеводства. В настоящее время за счет непродуктивного испарения и других потерь воды с орошаемых полей этот расход еще очень велик.

Для всех видов водоснабжения — промышленного, бытового и т. д.— на земном шаре из рек безвозвратно забирается приблизительно 150 км^3 воды в год. Это всего лишь 1% ресурсов устойчивого стока. Казалось бы, нет оснований опасаться водного голода, о котором часто стали говорить в последнее время. Но современная система водоснабжения таит в себе опасность истощения водных ресурсов.

Загрязнение вод и борьба с ним

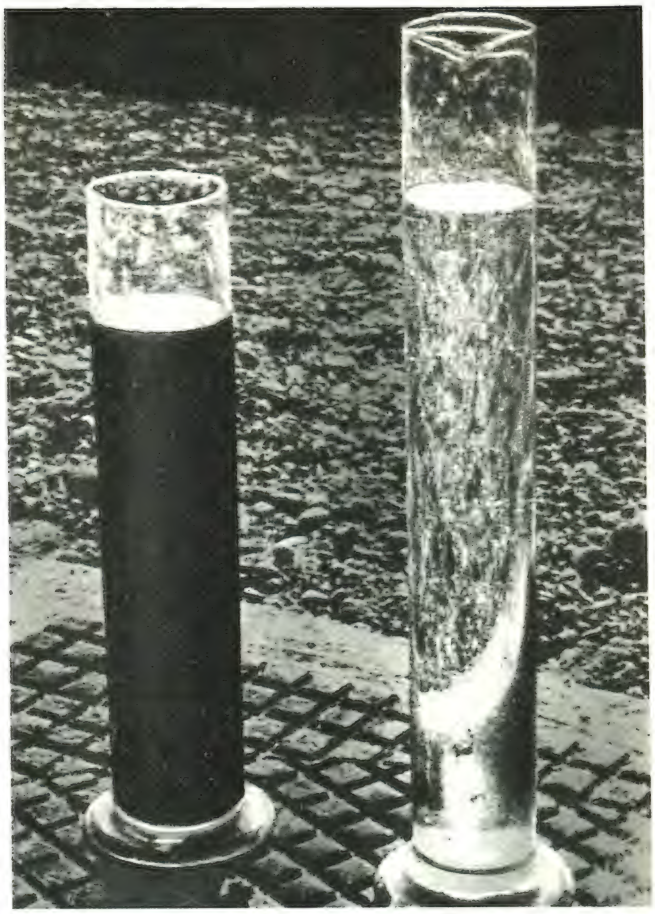
Из рек, озер и подземных источников для водоснабжения ежегодно забирается 550—600 км^3 воды. Расходуется из них безвозвратно только 150 км^3. Разницу составляют отработанные сточные воды, которые по установившейся издавна традиции сбрасываются обратно в реки и водоемы. Для того чтобы обезвредить сточную воду, требуется ее разбавить чистой речной водой. Если сточная вода перед сбросом в реку была тщательно биологически очищена, на ее разбавление необходимо в 6—10 раз больше чистой воды, а на неочищенные сточные воды в 20—60 раз больше.

Сейчас на Земле подвергается очистке менее половины сточных вод, поэтому на обезвреживание 400—450 км^3 сточных вод, сбрасываемых в реки земного шара, расходуется ежегодно около 6000 км^3 чистой воды. Это уже очень много — 40% мирового устойчивого стока и в три раза больше воды, чем расходуется на все другие нужды человечества. Если учесть, что население и экономика размещены неравномерно, то не приходится удивляться крайнему загрязнению рек в наиболее населенных и экономически развитых районах, в основном на большей части территории Европы и Северной Америки.

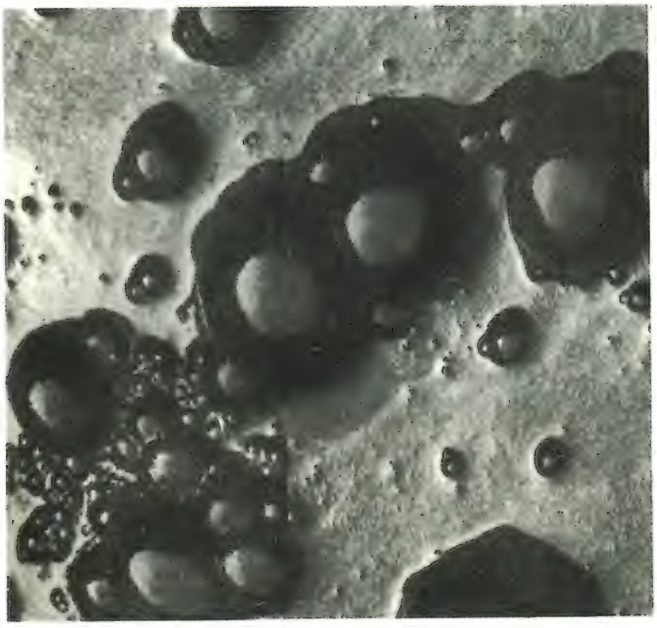
Таким образом, угроза водного кризиса заключается не столько в нехватке количества воды для удовлетворения всех потребностей, сколько в загрязнении основных источников водных ресурсов, особенно речных и озерных вод в ряде районов нашей планеты.

Среди различных способов борьбы с загрязнением вод наибольшее внимание уделяется очистке сточных вод. Но очистка чаще всего недостаточно совершенна, и от 5 до 15—20% наиболее устойчивых загрязнений, а в отдельных случаях и больше остается в воде. Поэтому повторно использовать очищен-

На снимке справа — рейнская вода до и после очистки.



Рейн — одна из наиболее загрязненных рек Европы. На снимке слева — загрязненная вода Рейна. Предпринимаются попытки к очистке его вод.



ную воду, как правило, нельзя. Сточную воду сбрасывают в реки, озера и моря с тем, чтобы в результате многократного разбавления чистой водой и естественных процессов самоочищения улучшить ее качество и вновь сделать пригодной для употребления. В целом же загрязнение речных вод продолжает расти. Ярким примером этого может служить Рейн—одна из наиболее грязных рек Европы, хотя в странах, где он протекает, сточные воды очищаются.

Некоторые специалисты вообще считают загрязнение речных вод неизбежным и главное внимание уделяют поискам других источников водных ресурсов, способных заменить современные. Рассчитывают на опреснение морской воды и соленых глубинных подземных вод. Предлагается также транспортировать айсберги полярных морей к портам, нуждающимся в чистой пресной воде. Эти способы, особенно широко практикуемое опреснение, решают задачу обеспечения водой пустынных районов, где получение воды другими способами невозможно или невыгодно.

Но заменить всю речную воду опресненной в течение ближайших десятилетий невозможно: при современных способах опреснение может дать десятки, от силы сотни км^3 пресной воды, а реки дают десятки тысяч км^3 воды.

Чистая вода необходима для жизни

Главный вопрос не в том, можно ли заменить одни источники воды другими, а в том, правомерна и необходима ли такая замена. Может ли человечество позволить себе испортить речные и озерные воды, а затем искать источники для их замены?

На эти вопросы должен быть дан отрицательный ответ. Ведь природные воды — не только источники водных ресурсов. Вода необходима для водоснабжения, орошения, судоходства, гидроэнергетических целей, она важнейший компонент природы, среди которой живут люди, и никакие проблемы использования и охраны водных ресурсов нельзя решать без учета этого обстоятельства.

В грязной воде рек, озер, водохранилищ гибнет все живое, и она становится источником заболеваний людей. Теряют свою прелесть прогулка, туристическое путешествие по реке, все большее место занимающие в жизни людей. Жизнь людей была бы среди грязных рек и водоемов нездоровой и безрадостной. Человек может и должен сберечь их чистыми.

Достаточно 10 г нефтепродуктов на 800 л воды, чтобы сделать эту воду непригодной для растительной и животной жизни.

Прекратить сброс сточных вод в реки

В любом городе и в селе неуправляемые сточные воды попадают в реки или в озера. Когда сточных вод было сравнительно мало, нечистоты быстро и многократно разбавлялись чистой речной водой и вред от них был малоощутимым. Однако и тогда сточные воды нередко служили источником распространения инфекционных болезней.

С ростом населения и промышленности сточные воды стали удалять с помощью канализации. Загрязнение городов уменьшилось, но сильно возросло загрязнение местности, расположенной ниже по течению реки. Просто удалять сточные воды за пределы города теперь недостаточно, так как реки и водоемы перестали справляться с задачей самоочищения воды и по существу стали выполнять жалкую роль сточных канав, продолжающих городские канализации.

Современная промышленность расходует огромное количество воды. На некоторых зарубежных нефтеперегонных заводах при получении 1 л бензина расходуется более 10 л воды.

Для эффективной борьбы с качественным истощением водных ресурсов необходимо прекратить сброс сточных вод в реки и водоемы. На первый взгляд это кажется нереальным. Куда же девать десятки, даже сотни миллиардов кубических метров сточной воды? Однако решение этой задачи вполне осуществимо с помощью целого комплекса мер, основные из которых заключаются в следующем.

Первый вполне реальный путь — снизить расходы воды на нужды промышленности, довести их до научно обоснованных норм. Чем меньше забирается воды из рек и озер, тем меньше образуется сточных вод и тем легче с ними бороться. Между тем разные нефтеперерабатывающие заводы расходуют от 0,4 до 24 $м^3$ воды на одну тонну перерабатываемой нефти: максимальный расход в 60 раз больше минимального. Если опыт передовых предприятий распространить на всю данную отрасль промышленности, можно достигнуть большой экономии воды и уменьшить объем сточных вод. Более того, в некоторых производствах возможен переход на технологические схемы, почти не требующие воды. Например, в той же нефтеперерабатывающей промышленности разрабатываются более рациональные технологические процессы, сводящие до минимума расход воды и, следовательно, сброс сточных вод. То же относится и к весьма водоемкой и сильно загрязняющей реки и озера бумажной промышленности. Исключительно важно снижать расходование воды на единицу продукции — это не только обеспечит экономное расхо-

Проблема водоснабжения стоит перед человечеством много веков. Еще в древнем Риме строили огромные водопроводы.

Акведук через реку Гар на юге Франции. Его высота — 48 м.

За семь веков голландцы построили около 1600 км дамб, отвоевав у моря сотни гектаров плодородной земли.

Цветочные плантации раскинулись там, где было море.

дование воды, но и поможет бороться с загрязнением природных вод.

Второй эффективный путь — снижение загрязненности сточных вод. Для этого необходимо перестроить сами технологические процессы так, чтобы они давали мало сточных вод и обеспечивали минимальное их загрязнение. При этом охрана воды должна предусматривать предупреждение, профилактику загрязнения уже в самой организации производства. Такую задачу необходимо поставить перед всеми отраслями хозяйства.

Третий исключительно важный путь — повторное использование отработанной воды. В промышленности, в теплоэнергетике этого можно достигнуть с помощью замкнутого оборотного водоснабжения. Воду нужно очищать до такой степени, чтобы она повторно могла использоваться на данном или на другом предприятии. Кооперируя водоснабжение и отработанные сточные воды нескольких предприятий, можно почти все их использовать повторно. Это позволит полнее использовать не только воду, но и тепло и растворенные в воде ценные вещества. А действительно непригодная для повторного использования загрязненная сточная вода должна уничтожаться путем испарения в отстойниках или искусственно выпариваться.

Городские сточные воды, содержащие большое количество удобрений, выгодно использовать для орошения земледельческих полей. Подсчитано, что сбрасываемые в реки и водоемы СССР сточные воды могут заменить 300 млн. т навоза или 10 млн. т минеральных удобрений. При этом в сточных водах значительная часть удобрений находится в растворенном состоянии, т. е. в форме, лучше усваиваемой растениями. Почва же служит наилучшей средой для обезвреживания сточных вод. Таким образом, городские и отчасти промышленные сточные воды перестанут быть большим злом и даже будут приносить пользу. Исключительно важно, чтобы отходы, образующиеся в результате потребления сельскохозяйственных продуктов, возвращались обратно почве.

Возможность замены естественных удобрений искусственными нисколько не опровергает того, что нерационально понапрасну выбрасывать естественные удобрения, отравляя при том нечистотами реки.

Это относится не только к зоне недостаточного увлажнения, где необходимость в орошении не вызывает сомнений, но также и к районам избыточно увлажненным. Нужно иметь в виду, что степень обеспеченности культурных растений ресурсами почвенной влаги очень сильно зависит от размеров урожая. Если на севере естественная увлажненность обеспечивает урожай зерновых, например, в 15—20 ц с га, то для получения урожаев, в 2—3 раза больших, естественных водных ресурсов в районах даже избыточно увлажненных может не хватить и требуется орошение, особенно выгодное в сочетании с удобрениями.

Запыление и загрязнение атмосферы и борьба с ними

Из всех потребляемых нами веществ самым важным является воздух. Без пищи человек может прожить более месяца, без воды — несколько дней, а без воздуха — лишь несколько минут. Недаром, когда хотят обратить внимание на что-то очень важное, какую-нибудь крайнюю необходимость, говорят: «нужен как воздух».

Обычный состав атмосферного воздуха

Воздух — это физическая смесь газов, образующая земную атмосферу. Состав сухого и чистого атмосферного воздуха везде одинаков. В лесу и в поле, на море и на суше основные газы входят в него в одних и тех же объемных соотношениях: азот — 78%, кислород — 21%, аргон — около 1%. На долю всех прочих составных частей сухого и чистого атмосферного воздуха — углекислого газа, неона, гелия, криптона, водорода, озона, радона и других — приходится в общей сложности не более 0,04%. Однако в естественных условиях воздух, которым мы дышим, не бывает абсолютно сухим. В нем всегда имеется водяной пар, содержание которого меняется в очень широких пределах — от самых ничтожных количеств до 3—4% по объему.

Не бывает воздух и совершенно чистым. Он постоянно содержит во взвешенном состоянии большее или меньшее количество пыли, дыма, частиц соли и других примесей.

Взвешенная в воздухе пыль имеет различное происхождение. Наибольшее ее количество поднимается ветром с поверхности земли. Иногда пыль возникает вследствие вулканических извержений, а также при сгорании метеоритов. Образование дыма нередко связано с лесными, степными или торфяными пожарами. Частицы соли попадают в воздух главным образом в результате испарения мелких капелек морской воды, уносимых ветром с поверхности морей и океанов. Количество примесей в атмосферном воздухе очень непостоянно, кроме того, с высотой оно быстро уменьшается. Наличие в воздухе естественных примесей иногда создает для людей не вполне благоприятную гигиеническую обстановку. Однако, как правило, эти примеси безвредны и не достигают таких концентраций, при которых они могли бы оказывать отрицательное воздействие на организм человека. Существенно более вредным является загрязнение атмосферного воздуха промышленными выбросами.

Загрязнение атмосферного воздуха

Загрязнение атмосферы еще не так давно не вызывало особого беспокойства, хотя оно продолжается уже многие десятилетия. Однако в последние годы этому вопросу стали уделять большое внимание, так как в связи с быстрым ростом промышленности и транспорта загрязненность атмосферного воздуха во многих странах достигла критического уровня.

Главным загрязнителем атмосферного воздуха является дым, поднимающийся из многочисленных труб электростанций, заводов и фабрик. Он состоит из мельчайших частиц золы, а также из окислов серы и углерода. Подсчитано, что в настоящее время во всем мире ежегодно сжигается приблизительно 2 млрд. т различных видов каменного угля и около 1 млрд. т нефти, при этом в атмосферу выбрасывается не менее 120 млн. т золы и до 60 млн. т ядовитого сернистого ангидрида. И это лишь часть вредных примесей, попадающих в атмосферу. Свыше 200 млн. автомобилей во всем мире непрерывно отравляют атмосферный воздух многими крайне вредными веществами. Например, только в одном Лос-Анджелесе автотранспорт ежесуточно выбрасывает в атмосферу около 10 тыс. т окиси углерода, 2 тыс. т углеводородов и 530 т окиси азота, образующих в воздушном бассейне этого города постоянный удушливый туман. Значительное загрязнение атмосферы отмечается и в некоторых промышленных центрах нашей страны.

Следует, однако, заметить, что степень загрязнения атмосферного воздуха зависит не только от количества, мощности и расположения источников выброса вредных веществ, но и от погодных условий. Последние могут способствовать или препятствовать скоплению этих веществ в воздушных бассейнах городов.

В общем наиболее благоприятным для образования больших концентраций вредных веществ является устойчивое состояние атмосферы и особенно наличие инверсий, когда температура воздуха возрастает с высотой вместо обычно наблюдаемого падения. При этом резко уменьшается перемешивание воздуха и, следовательно, прекращается перенос загрязнений, благодаря чему увеличивается их концентрация, в том числе в вышележащих слоях атмосферы. Скоплению взвешенных в воздухе вредных веществ способствуют также слабые ветры или продолжительные штили. В некоторых районах такие

Дым и гарь поднимаются до самых верхних этажей небоскребов Нью-Йорка. Потеря освещенности из-за загрязнения воздуха превышает здесь 50%.

условия наблюдаются систематически, и здесь, при наличии источников загрязнения, концентрация в воздухе вредных веществ особенно велика.

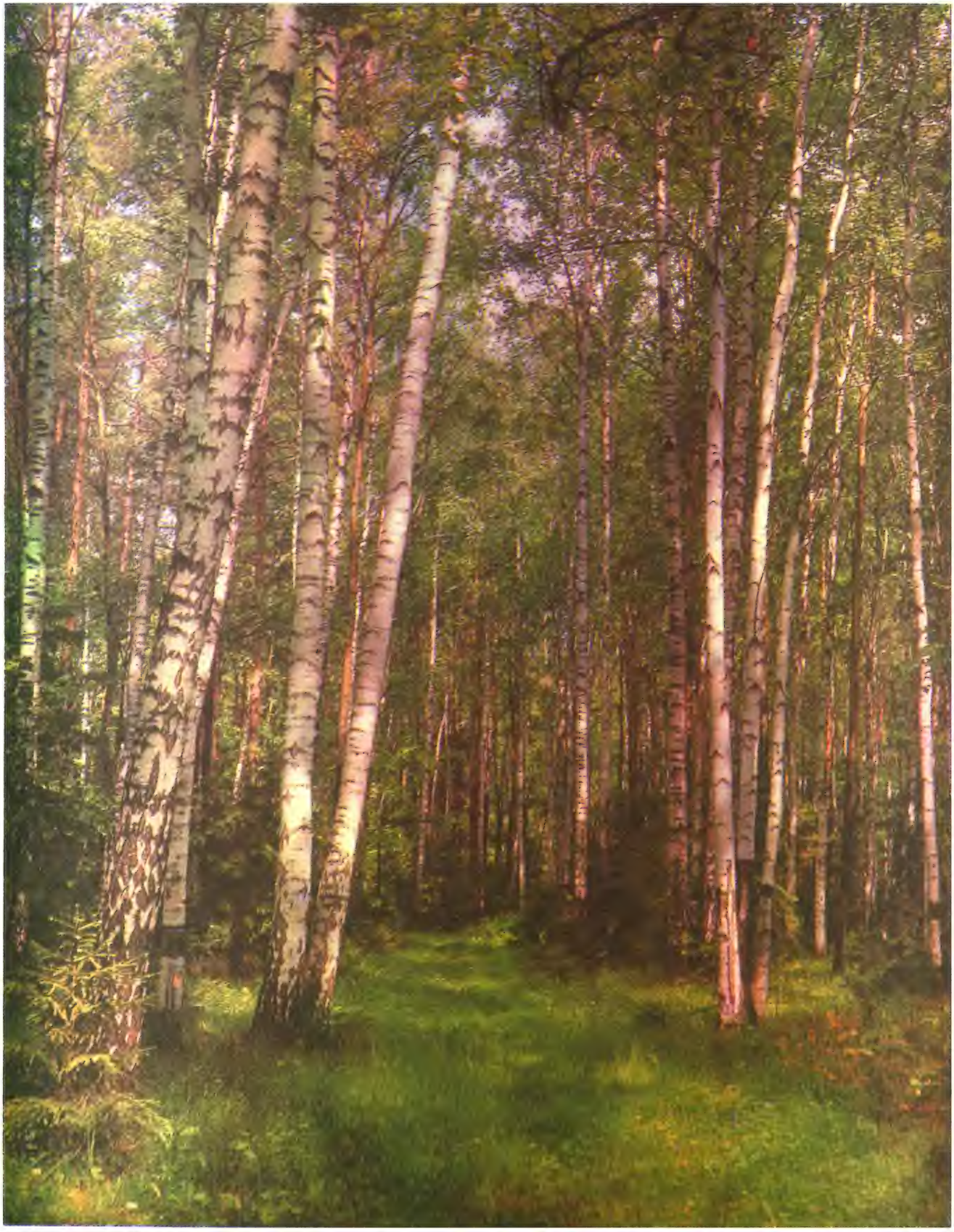
Напротив, неустойчивое состояние атмосферы, сопровождающееся интенсивным перемешиванием воздуха, равно как и сильные ветры, препятствует скоплению вредных примесей в воздушных бассейнах городов.

Вредное действие загрязняющих веществ

Одним из наиболее очевидных и простых результатов загрязнения атмосферного воздуха является то, что одежда, строения, автомашины и многие другие предметы непрерывно покрываются копотью. Расходы на мытье и чистку этих предметов достигли огромных размеров, особенно в крупных городах, где сосредоточены основные источники промышленных выбросов. Некоторые из применяемых в строительстве материалов, особенно известняк, портятся, когда в воздухе имеется избыточное количество углекислого газа. При высокой влажности воздуха в таких случаях образуется угольная кислота, которая разъедает известняк. Содержащийся в воздухе сернистый газ может при большой влажности вступить в реакцию с водой, образуя пары серной кислоты. Эти пары вызывают интенсивную коррозию стали. Медь под воздействием веществ, содержащих серу, покрывается зеленой пленкой. Окислы серы, а также серная кислота, которая из них образуется, могут вызывать порчу текстильных изделий и бумаги. Под их воздействием уменьшается также прочность кожаных и некоторых других предметов.

Давно известно влияние загрязнения воздуха на растения. Причиняемый им вред может быть самым различным — от незначительного повреждения до полной гибели. Он зависит от биологического вида и состояния растений, а также от химического состава загрязняющих веществ, их концентрации и продолжительности воздействия. Самым вредным для растений является сернистый газ. Поступая через устьица внутрь зеленого листа, он вызывает угнетение жизнедеятельности клеток, вследствие чего листья желтеют, растение оголяется и постепенно погибает. Особенно чувствительны к действию сернистого газа такие культуры, как люцерна, хлопок, салат и др. Сильно страдает растительность и от содержащихся в воздухе различных смол.

Понятно, что при достаточно высокой концентрации вредных примесей и их продолжительном воз-



Зеленые зоны вокруг городов способствуют очищению воздуха и являются местом отдыха.

Главный загрязнитель атмосферного воздуха — дым из заводских труб. Металлургические заводы, расположенные в городской черте Питтсбурга (США).

Свыше 200 млн. автомобилей во всем мире непрерывно отравляют атмосферный воздух вредными веществами.

действии на организм домашних животных последствия тоже могут быть самыми серьезными. Так, в результате отравления животных выброшенными в воздух фтористыми соединениями погибло 35% всего поголовья скота в зоне до 4 км вокруг алюминиевого завода в Швейцарии.

Для человека наибольшую опасность представляют сернистый газ, окись азота и различные смеси углеводородов. Эти газы в большинстве случаев обнаруживаются в воздухе промышленных городов с интенсивным автомобильным движением. Весьма вредными оказываются также выбрасываемые в атмосферу твердые частицы. Большие концентрации поступающих в воздух твердых и газообразных примесей могут вызвать серьезные заболевания органов дыхания. В некоторых случаях возникает, например, эмфизема легких. Вдыхаемые частицы плотным слоем покрывают внутреннюю поверхность альвеол, затрудняя нормальное поступление кислорода в кровь. В районах с загрязненным воздухом отмечается также повышенная заболеваемость астмой и бронхитом. Имеются подозрения, что загрязняющие воздух вещества способствуют и раковым заболеваниям легких. Нарушения дыхания связаны с увеличением нагрузки на сердце, а если оно и без того ослаблено, то эта дополнительная нагрузка может оказаться гибельной. Поэтому загрязнение атмосферы особенно сильно действует на пожилых людей и детей, у которых сопротивляемость организма сравнительно невелика. Нередко содержащиеся в воздухе вредные примеси прежде всего воздействуют на глаза, вызывая раздражение нежной слизистой оболочки.

Одним из важных свойств взвешенных в воздухе частиц является их способность рассеивать свет. Ввиду этого загрязнение воздуха ухудшает микроклимат городов, снижая прямую, особенно ультрафиолетовую, солнечную радиацию. Кроме того, оно способствует увеличению туманов в связи с конденсацией водяного пара вокруг плавающих в воздухе частиц. Потеря освещенности вследствие загрязнения атмосферы в Нью-Йорке превышает 50%. В ряде крупных городов (Лондон, Париж и др.) число дней с туманом под влиянием загрязнения воздуха значительно возросло. Особенно опасным бывает смог — густой туман, перемешанный с частицами дыма, копоти и отработанными газами автомобилей.

Широкой известностью пользуются лондонские туманы. Здесь дымят сотни тысяч каминов, в которых сжигают уголь. Они дают бóльшую часть дыма и копоти.

Таким образом, загрязнение атмосферного воздуха создает большую и постоянно растущую угрозу существованию жизни на Земле.

Поэтому необходимы решительные действия, направленные если не на полное исключение выброса в атмосферу вредных веществ, то по крайней мере на его строгое ограничение и разумное регулирование.

Многие города, насчитывающие более миллиона жителей, испытывают вредное воздействие шума и загрязненного воздуха.

Защита атмосферного воздуха от загрязнения

В настоящее время в ряде стран применяются прямые и косвенные методы защиты воздушного бассейна от загрязнения. Прямые методы предотвращения вредных выбросов состоят в очистке и улавливании дымовых и вентиляционных газов, в переходе на использование топлив, мало загрязняющих атмосферный воздух (природный газ, бессернистая нефть), в попытках создания небензиновых автомобильных двигателей и т. п.

Применение косвенных методов в общем не уменьшает количества промышленных выбросов, но зато обеспечивает значительное снижение концентраций вредных веществ в самом нижнем, жизнедеятельном слое атмосферы. Эти методы прежде всего связаны с увеличением высоты источников выброса (дымовых труб) и использованием физических закономерностей рассеивания примесей в воздухе. Они основаны на изучении атмосферной диффузии, а также на рациональном учете метеорологических условий при проектировании и эксплуатации различных предприятий.

Особенно большое внимание охране атмосферного воздуха и восстановлению его чистоты уделяется в СССР. Благодаря этому за последние годы значительно уменьшилось загрязнение атмосферы в Москве, Ленинграде, Кемерове, Тбилиси, Горьком и многих других городах. Так, в Москве воздух стал чище в пять-шесть раз в результате газификации котельных, промышленных предприятий и теплоэлектростанций, установки газо- и пылеуловительных сооружений, изменения технологии некоторых производств. В нашей стране запрещен ввод в эксплуатацию предприятий и теплоэлектростанций, выбрасывающих в атмосферный воздух золу, копоть, пыль и вредные газы без обеспечения их очистки. Действующие предприятия и электростанции также обязаны осуществлять очистку своих выбросов. Вредные производства, как правило, выносятся за черту крупных населенных пунктов. Кроме того, между новыми промышленными предприятиями и жилыми кварталами планируются озелененные «зоны разрыва». В больших масштабах ведется озеленение городских улиц, разбиваются скверы, парки и сады. Случаи нарушения правил охраны атмосферного воздуха строго преследуются советскими законами.

Охрана живой природы

На Земле свыше полутора миллионов видов животных. Большие и маленькие, от видимых только в микроскоп до гигантов, весящих несколько тонн, они населяют леса, степи и пустыни, толщу почв, моря и океаны, встречаются высоко в горах, в лишенных света пещерах и в полярных льдах. Только на одном гектаре луга под Ленинградом насчитывается приблизительно 125 млн. паукообразных и насекомых. На листьях одного лишь векового дуба можно обнаружить не менее миллиона членистоногих. На 1 км^2 дубового старолесья в Тульской области в годы массового размножения грызунов прихо-

В реках, загрязненных промышленными отходами, гибнет все живое.

дится до 40 тыс. мышей и полёвок. Птицы населяют лесостепные дубравы в количестве 3—4 тыс. пар на 1 км^2.

Велика и общая масса растений. Они ютятся на самых, казалось бы, бесплодных скалах, на сухих песках. И в городе можно увидеть, как растущий гриб ломает асфальтовый покров мостовой, как корни тополя разворачивают пешеходную дорожку.

Растения и животные тесно связаны между собой. Растения создают органическое вещество, которое служит пищей животным и человеку, и, потребляя углекислый газ, пополняют запасы кислорода в атмосфере. Животные, в свою очередь, потребляют кислород и создают углекислый газ, необходимый растениям. Без органической жизни на Земле не было бы почвы — величайшего богатства, которым владеет человечество.

Человек издавна использовал животных и растения. Древние люди жили за счет рыбной ловли и охоты, собирали ягоды, грибы, различные плоды, коренья. Растения и животные давали человеку одежду, материал для жилища. Позже прирученные животные стали верными помощниками человека. И сейчас живая природа имеет огромное значение для человека, хотя мы и не всегда это осознаем.

Однако с течением времени природа, окружающая нас, беднеет. На склонах гор, где когда-то произрастали мощные леса, остались местами только голые скалы. В пустынях Средней Азии нет уже тысячных стад джейранов, отодвинулись подальше от городов и поредели числом многие виды птиц. Некоторые виды животных и растений полностью исчезли по вине человека и уже не могут быть восстановлены. Так, морская, или стеллерова, корова (крупное морское млекопитающее из отряда сирен), которая стала известна европейцам лишь в 1741 г. во время путешествия в Тихом океане командора В. Беринга, всего лишь за 27 лет была начисто уничтожена промышленниками. Последняя дикая лошадь европейских степей тарпан погибла на Украине в начале нашего столетия. Предок крупного рогатого скота тур исчез в XVII—XVIII вв. В 1844 г. на острове Эльдей в Северном море убита последняя пара бескрылых гагарок, а когда-то их было очень много на островах северной части Атлантического океана. Только за три последних столетия погибло не менее ста видов млекопитающих и около пятидесяти видов птиц. Ученые насчитывают около 600 видов животных, которым грозит вымирание. Исчезают с лица земли редкие растения, например кладофора шаровидная, водоросль найя тончайшая и многие другие. Главным образом пострадали охотничьи, промысловые животные. Некоторых птиц добывали из-за красивых перьев, которые шли на украшение дамских шляп. Трудно себе даже представить, какое количество птиц отстреливалось для этой цели. В конце прошлого столетия только из Венесуэлы за один год было вывезено эгреток (перья, украшающие спину самцов больших белых цапель в период размножения) более чем от полутора миллионов птиц. В результате такой «охоты» большая белая цапля стала исключительно редкой птицей. Только полный запрет охоты на эту птицу, введенный в первые же годы после революции, спас ее в нашей стране от окончательного истребления. Теперь большие белые цапли стали опять обычными обитателями наших южных водоемов. Ради перьев были истреблены на Гавайском архипелаге несколько очень своеобразных, свойственных только этим островам видов птиц — гавайских цветочниц. Даже прекрасные летуны альбатросы пострадали, когда людям понадобились их перья. На небольшом островке Лайзан (Гавайские острова) гнездилось к началу нашего столетия не менее миллиона темноспинных альбатросов. К 1911 г. здесь осталось совсем немного этих птиц.

Но животные страдают не только от неразумного истребления. Хозяйственная деятельность человека все сильнее изменяет природные условия, привыч-

Все меньше остается мест, где встречаются большие скопления животных. Морские львы на побережье Калифорнии.

Тупики — морские птицы стали редки. В некоторых странах они охраняются государством.

Цапли обитают в основном по берегам водоемов.

Зубры сохранились только в некоторых заповедниках. На снимке: зубры в Беловежской пуще.

После того как охота на лосей была запрещена, их поголовье заметно возросло.

Белая цапля. Из-за красоты своего оперения была почти полностью истреблена. Сейчас встречается только в заповедниках.

Гагарка бескрылая — недавно вымершая морская птица. Последние гагарки бескрылые были уничтожены в 1844 г.

Бурый медведь истреблен во многих странах Западной Европы. В СССР бурый медведь сохранился; особенно многочислен на Камчатке, Алтае и Кавказе.

ные для тех или иных животных, нанося им порой непоправимый вред. Обмеление рек и загрязнение их сточными промышленными водами губит рыб; вслед за вырубкой лесов исчезают, естественно, и их четвероногие и пернатые обитатели и т. д.

Долгое время люди не обращали внимания на обеднение живой природы. Думалось — лесов хватит навеки и рыба в реках никогда не переведется. Но теперь картина резко изменилась: многие местности стали безлесными, многие животные истреблены. Стало ясно, что нельзя бездумно уничтожать природу, она требует внимания, заботы и охраны.

В Советском Союзе уже в первые годы после Октябрьской революции была проявлена забота об охране живой природы. В 1918 г. был издан основной закон о лесах. Он предписывал беречь леса, насаждать их, относиться к нашему зеленому другу по-хозяйски. Запрещалось вырубать леса, имеющие важное почвозащитное и водорегулирующее значение. В 1919 г. были запрещены отстрел лосей, сбор яиц птиц, весенняя охота. В этом же году был организован первый в Советской России заповедник в дельте Волги (ныне Астраханский государственный заповедник имени В. И. Ленина). Были изданы и декреты об охране рыбных запасов наших морей.

В 20-х годах нашего столетия антилопа сайгак была на грани исчезновения. Сайгаков хищнически истребляли из-за вкусного мяса. В 30-х годах охота на этих животных была запрещена. Теперь сотни тысяч сайгаков бродят по непаханым землям Калмыкии и Казахстана. Охота на них строго регулируется и дает стране большое количество мяса и ценных шкур. Удалось добиться и увеличения численности речных бобров — ценных пушных зверей — путем строгой охраны и расселения в местах, где этот зверь был истреблен. Поразительные результаты дала охрана соболя и лося. Почти истребленный в свое время соболь опять размножился и заселил значительную часть своей былой области распространения (ареала) и занимает сейчас в пушном промысле достойное место. Лося теперь не так уж редко можно увидеть в каком-нибудь подмосковном парке. Спасены от истребления зубр, морской котик и калан (морская выдра). Под строгой защитой у нас редкие растения — лотос, тис, самшит, пицундская сосна, амурский бархат и многие другие виды деревьев, кустарников, трав.

Во всех союзных республиках есть специальные законы об охране природы. Особо важную роль в охране природы играют государственные заповедники и заказники.

Охрана живой природы сочетается в нашей стране с разумным использованием ее богатств.

У нас охраняются все промысловые рыбы. Закон строго запрещает применять истребительные орудия лова, точно устанавливает сроки, места лова, иногда устанавливаются и нормы вылова рыбы. Промысловые животные на суше также добываются на основе научно разработанных правил, благодаря чему численность их не сокращается. Чтобы лучше воспроизводились водоплавающие птицы, весенняя охота на них запрещается.

Существуют и правила вырубки леса, обеспечивающие его возобновление. А если возобновления не происходит, то леса сажают. На то, что на порубках необходимо сажать леса, указывал В. И. Ленин еще в 1918 г.

Животные непромысловые и растения, не имеющие как будто бы хозяйственной ценности, также охраняются. Многие из них косвенно полезны человеку. Например, рыжие муравьи и многие птицы истребляют вредных для леса насекомых. Различные насекомые, а в тропических странах и некоторые птицы способствуют опылению растений. Многие растения служат кормом для полезных животных.

Целый ряд исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, показал, что многие животные, которые считаются вредными, как, например, хищники, совсем не так уж и вредны. Наоборот, многие из хищных птиц полезны — они истребляют вредных грызунов и насекомых. А те хищники, которые поедают промысловых птиц, способствуют их оздоровлению и лучшему состоянию, так как жертвами обычно становятся слабые и больные птицы. То же можно сказать и о большинстве рыбоядных птиц — вреда от них, по сути, нет. Конечно, ястреба, повадившегося летать на птицеферму, надо уничтожить.

Попытки истреблять «вредных» хищников, предпринятые в ряде стран, приводили нередко к совсем неожиданным результатам. В Кении уничтожали леопардов, чтобы обезопасить от их нападений стада домашних животных. Леопардов стало меньше, но чрезвычайно увеличилась численность павианов и диких кабанов. Вред, который павианы и кабаны наносили сельскохозяйственным угодьям, намного превысил ущерб от леопардов. Бороться же с павианами оказалось трудно. Пришлось защитить леопардов от истребления. Нечто подобное произошло и в Северной Америке. В 1953 г. фермеры одного из районов штата Колорадо принялись за уничтожение койотов — степных волков. Но стоимость спасенных таким образом телят и ягнят не шла ни в какое сравнение с ущербом, наносимым полям и лугам кроликами, которые после истребления койотов наводнили всю округу.

Многие животные, ранее считавшиеся бесполезными или даже вредными, позднее оказывались очень ценными. Показательный пример — ядовитые змеи. Бесконтрольный отлов их, а тем более истребление теперь категорически запрещены, вводятся строгие ограничения на их отлов. Дело в том, что яд этих змей оказался важнейшим и незаменимым сырьем для изготовления лекарств.

В живой природе существует много еще не изученных связей между отдельными ее компонентами, и неумелое вмешательство в эти связи пользы не приносит. В отношении к животным и растениям мы должны придерживаться такого правила: ничто из того, что создано природой в течение ее длительного исторического развития, не должно исчезнуть с лица земли без особого на то основания.

Значение отдельных видов животных и растений для человека во многом зависит от их численности. Есть немало видов, которые при большой численности вредны (например, лось для леса), а при малой — или безвредны, или даже полезны. Другие виды, безразличные для человека, когда они слишком малочисленны (гага, бобр, соболь и т. д.), умножившись благодаря охране, широко используются.

Таким образом, живая природа в нашей стране охраняется с разной степенью строгости. Промысловые звери, птицы, рыбы охраняются одновременно с их использованием на основании специальных правил. Многие виды растений тоже подлежат охране в процессе использования. Но отдельные виды, ставшие настолько малочисленными, что существование их оказывается под угрозой, подлежат абсолютной охране. О промысле или каком-либо другом использовании в таком случае не может быть и речи.

Чтобы лучше выявлять и охранять исчезающие виды, в Международном союзе охраны природы и природных ресурсов составляется особая, так называемая Красная книга, в которую заносятся все исчезающие виды. Таким образом мир узнает, какие виды исчезают с лица земли, где они находятся, какова их численность, в чем причина уменьшения ее. К сожалению, наиболее полные материалы собраны пока только по млекопитающим и птицам. Другие группы животных и растения ждут еще своей очереди.

Однако заинтересованность разных государств в сотрудничестве не ограничивается только охраной редких животных и растений. Природа не считается с государственными границами. Воды Рейна, отравленные сточными водами химических заводов ФРГ, убивают рыбу в Голландии. Киты мигрируют в океане, не интересуясь, кому принадлежат посещаемые ими воды. Утки, гнездящиеся в низовьях Печоры и Оби, перелетают на зимовку в Северную Африку или еще дальше. Поэтому заключено более полутораста международных соглашений об использовании и охране природных ценностей. Так, в 1958 г. в Женеве на I конференции ООН по международному праву была разработана и затем подписана Конвенция о рыболовстве и охране живых ресурсов открытого моря. В 1946 г. Международная китобойная комиссия приняла советское предложение о новых, уменьшенных нормах добычи китов. В 1950 г. заключена Международная конвенция по охране птиц. Страны, эксплуатирующие богатства северных морей и Ледовитого океана, заключили соглашение об охране белых медведей. Общая заинтересованность в охране природы была выражена специальным решением ЮНЕСКО. В 1952 г. принята резолюция «Экономическое развитие и охрана природных ресурсов, флоры и фауны». Несколько позднее подобную же резолюцию приняла Генеральная Ассамблея ООН.

В законе РСФСР об охране природы говорится, что охрана природы — важнейшее государственное и общенародное дело. Весь наш народ все шире охватывается движением «За ленинское отношение к природе». Руководят этим движением общества охраны природы, которые есть во всех республиках. Общее число членов этих обществ — около 30 млн. человек. И многое из того, что предписано законом об охране природы, проводят в жизнь члены этих обществ. Они принимают активное участие в месячнике леса, проводят День птиц, месячник спасения молоди рыб.

Очень активны юные члены общества. В нашей стране организовано много школьных лесничеств. Юные лесники ухаживают за лесом, изучают жизнь зверей и птиц, помогают им, организуя подкормку зимой, устраивая убежища и т. д. Ребята с нарукавной повязкой «Зеленый патруль» ревностно охраняют зеленые насаждения, цветники, газоны.

Природа — друг человека. Но и человек должен быть другом живой природы. Иначе она не раскроет перед ним своих богатств и будет для него не матерью, а мачехой.

Население Земли

Народы мира

Человек заселяет планету

Суша нашей планеты почти вся заселена. Только на южном полярном материке, Антарктиде, и на некоторых островах нет еще постоянного населения. Но так было не всегда. Первобытные люди сперва жили лишь в тех немногих областях, где они произошли от обезьяноподобных предков и где условия жизни были для них наиболее благоприятны. В поисках пищи они вынуждены были все шире расселяться по Земле. К новому каменному веку (неолиту) уже на всех материках (кроме Антарктиды) среди обширных лесов и степей кочевали небольшие группы людей.

Переселяясь из одних районов в другие и приспособляясь к новым условиям, человек, в отличие от животных, не образовал новых зоологических разновидностей или видов. Все люди (независимо от цвета их кожи и других внешних различий) принадлежат к одному и тому же виду живых существ, который в науке называют «хомо сапиенс», что в переводе с латыни означает «человек разумный». Человечество биологически осталось единым.

В результате разнообразных условий жизни у людей возникли лишь небольшие, по существу внешние, так называемые расовые различия.

Расы

Люди разных материков и стран отличаются одни от других по внешнему облику: цвету кожи, волос и глаз, форме головы, носа, губ, волос (прямые, волнистые или курчавые). Такие различия наследуются: переходят от родителей к детям. Меняются они очень медленно, на протяжении сотен поколений. Наследственные телесные признаки, которые отличают между собой разные группы человечества, называют *расовыми*, а сами такие группы — *расами*. Вопрос о происхождении рас очень сложен и еще не полностью разрешен наукой. Некоторые из признаков рас могли сложиться у людей под влиянием природных условий.

Например, у жителей жарких стран загар превратился в наследственный признак. Узкий разрез глазной щели у монголоидов (монгольская складка

века) мог развиться в сухом климате степей как защита глаз от пыли и песка.

Вероятно, расовые особенности возникали и закреплялись у отдельных групп человечества в самом начале их формирования в результате их длительной разобщенности, когда они были разделены горными хребтами, ледниками, водными преградами, дремучими лесами. В дальнейшем, когда разрозненные племена сталкивались и смешивались между собой, появлялись смешанные и переходные расовые типы.

Исследованием расовых типов и их распространением по земной поверхности занимается *антропология*, которая помогает выяснить далекое доисторическое прошлое человечества, его первоначальное развитие и расселение.

Можно выделить три главные, большие расы: *экваториальную, монголоидную* и *европеоидную* и ряд *переходных, промежуточных* рас.

В Африке, к югу от Сахары и в Океании, живут главным образом люди экваториальной («черной») расы — стройные, длинноногие, с темной (черной или коричневой) кожей, с курчавыми черными волосами, обычно с широким носом и толстыми губами, очень темными глазами. В этой расе различают две главные ветви (некоторые считают их отдельными большими расами): *африканскую* (негроиды) и *океанийскую* (австралийцы, меланезийцы, папуасы, веды). Негроиды почти безбороды, у меланезийцев и австралийцев борода и усы растут обильно, как у европейцев. Много людей негроидной расы живет в Америке: главным образом на юге США, на севере и востоке Бразилии, в Колумбии, Венесуэле, на Антильских и Багамских островах. Это потомки негров, которых после открытия Америки работорговцы насильно вывезли из Африки.

В странах Центральной и Восточной Азии больше всего людей монголоидной («желтой») расы. У них обычно желтоватая или коричневая кожа, сравнительно короткие ноги, жесткие прямые черные волосы, черные глаза, широкое лицо с выдающимися скулами, короткий и широкий (плоский) нос с низкой переносицей. Для монголоидов характерен узкий разрез глазной щели, образуемый особой складкой в углах глаз.

Особая ветвь монголоидной расы — *индейцы*, коренные жители Северной и Южной Америки. Они отличаются от своих азиатских сородичей телосложением, формой носа (высокого с горбинкой — «орлиного») и глаз (монгольской складки у них нет или же она менее заметна). За своеобразный бронзовый оттенок кожи американских индейцев называли краснокожими.

Люди европеоидной («белой») расы населяют Европу и отчасти Западную Азию. За последние три века люди этой расы широко расселились в Северной и Южной Америке, в Австралии и Новой Зеландии, в Южной Африке.

У европеоидов светлая (розоватая или смуглая) просвечивающая кожа, мягкие, часто волнистые волосы, узкий нос. У мужчин обильно растут усы и борода. Цвет волос и глаз бывает разный: волосы — от светлых до черных, глаза голубые, серые, карие.

Так как все расы имеют общее происхождение и, кроме того, многократно смешивались одна с другой во время древних переселений, их невозможно резко разграничить: между ними есть множество переходных групп. Например, на северо-востоке Африки распространена переходная *эфиопская* раса. У людей этой расы курчавые волосы, толстые губы и темный цвет кожи, как у негроидов, но черты лица скорее европеоидные.

У большинства народов преобладают люди одной какой-либо крупной расы, хотя и разных типов; вместе с тем каждый расовый тип распространен среди многих народов. Часто наряду с основным расовым типом в народе встречаются черты иной расы — результат давних смешений. Например, русские относятся к европеоидной расе, но у некоторых наблюдаются слегка выдающиеся скулы и узкий разрез глаз — это след исторической примеси людей монголоидной расы. Разнообразны расовые типы среди народов Америки. Например, часть кубинцев относится к европеоидной, а часть — к негроидной расе. Очень многие из них имеют смешанное происхождение — это *мулаты*, у них наблюдаются отдельные черты обеих рас. Много мулатов также в Бразилии и в других американских странах. Мексиканцы и некоторые другие народы Америки — *метисы*. Они унаследовали черты европеоидной расы от испанцев и монголоидной — от индейцев.

Почти половина всех жителей земного шара принадлежит к европеоидной расе. Людей этой расы сейчас примерно 1,7 млрд. человек; в это число включены метисы Америки и некоторые другие смешанные и переходные группы. Монголоидная раса насчитывает (если отнести к ней близкие к монголоидам смешанные типы) около 1,4 млрд. человек, в том числе американская (индейская) ветвь этой расы — около 25 млн. человек. К экваториальной расе, в узком смысле, принадлежит около 200 млн. человек, главным образом африканские негры; к австралоидной ветви экваториальной расы относится менее 10 млн. человек; кроме того, смешанные и переходные типы, близкие к экваториальной расе, насчитывают до 350 млн. человек.

Племена, народности, нации

Люди, заселяющие разные районы или страны, образуют тесно сплоченные группы, отличающиеся между собой по языку, образу жизни, нравам, обычаям и верованиям. Такие группы — племена, народности, нации — принято называть *этническими* (от греческого слова «этнос» — народ) общностями или народами.

На заре истории, при родо-племенном строе, люди сообща владели средствами труда, поэтому не существовало бедных и богатых. Это было доклассовое общество. Люди, связанные кровным родством, объединялись в роды, а несколько близких родов — в племена. Родственные по языку племена заключали между собой союзы для борьбы с общими врагами, образовывали группы племен.

При рабовладельческом и феодальном строе из племенных союзов постепенно сложились более крупные и сложные по составу этнические объединения — *народности*. Деление на роды и сознание кровного родства постепенно утрачивалось. Каждая народность занимала большую территорию; всюду господствовал один общий язык, но в отдельных местностях говорили на разных диалектах этого языка. Ощущение общности всего народа было более смутным, чем внутри племени, но все же сохранилось. В составе каждой народности появились классы — господствующие (рабовладельцы или феодалы-помещики) и угнетенные (рабы или крепостные крестьяне), эксплуататоры и эксплуатируемые.

Переход от родо-племенных общностей к народностям происходил всюду, но не везде одновременно. Кое-где в Южной Америке и Африке до сих пор сохранились группы племен, еще не сложившиеся в народности.

На смену феодальному строю в результате развития промышленности и торговли пришел капиталистический строй. С развитием капитализма усилились экономические связи между районами каждой страны и народности стали сплачиваться теснее, сильнее ощущать свое единство, превращаться в *нации*. Распространился общий литературный язык, постепенно вытесняющий местные диалекты, усилилось единство культуры. Большинство наций образуют каждая свое государство; некоторые нации входят в состав многонациональных государств.

В Европе, где зародился капитализм, возникли первые капиталистические государства, а в них — нации: английская, французская, позднее — немецкая, итальянская и др. Капиталисты этих государств подчинили себе народы экономически отсталых стран в Азии, Африке и Америке, превратили эти страны в свои колонии. Они не давали возможности порабощенным народам развивать свое хозяйство и культуру. Многие угнетаемые народы колоний поэтому остались на уровне племенных объединений или народностей. И только в наше время, с распадом колониальной системы, они приобретают самостоятельность и развиваются в нации.

После победы социализма в СССР и ряде других стран возникли и развились *социалистические нации*. Это нации с новым общественным строем, без капиталистов и помещиков.

В нашей стране одни социалистические нации развились из прежних наций старой капиталистической России — русской, украинской, армянской, грузинской и т. д. Другие в советских условиях выросли из народностей и групп племен бывших колоний царской России: туркмены, киргизы, таджики и др.

После второй мировой войны социалистическими нациями стали болгары, поляки, чехи, словаки, румыны, венгры и другие народы социалистических стран.

Нации по сравнению с народностями, из которых они выросли, обладают высоким сознанием своего единства, т. е. национальным самосознанием.

Языки народов мира

Каждая этническая группа — народность и нация — всегда имела свой общий язык, понятный всем людям этой группы. Роль языка в объединении людей очень велика. Сначала возникали племенные языки. Затем, при образовании народности, язык одного из племен становился основой общего языка народности. Развиваясь, языки народностей превращались в общий язык нации. При этом языки часто смешивались и влияли друг на друга: заимствовались отдельные слова, выражения, а иногда и грамматические особенности. Бывало, что при расселении народов из одного языка образовывался целый ряд других языков.

Каждый народ говорит на своем национальном языке. Но случается, что разные народы говорят на одном языке; например, американцы США и англичане говорят на английском; немцы и австрий-

цы — на немецком; испанцы, кубинцы, мексиканцы, чилийцы и аргентинцы — на испанском; португальцы и бразильцы — на португальском. Происходит это чаще всего в том случае, когда часть какого-либо народа переселяется в чужую страну и, смешавшись с жителями этой страны, передает им свой язык. Так было в странах Америки: их завоевали англичане, испанцы и португальцы, и языки завоевателей стали господствующими.

В языке каждого народа встречаются особые местные слова и выражения, различия в произношении и в употреблении отдельных слов и оборотов. Например, немцы в южной части Западной Германии — в Баварии — говорят иначе, чем на севере страны — в Гамбурге. Такие разновидности одного и того же языка в разных областях одной страны называются *наречиями* или *диалектами*, а еще более дробные подразделения диалектов — *говорами*. В русском языке различают два основных диалекта: северорусский «окающий» и южнорусский «акающий».

Ученые-языковеды объединяют языки, родственные по происхождению и сходные между собой, в *языковые семьи*. Семьи подразделяют на группы и подгруппы языков.

Казалось бы, что общего между речью русского и немца, итальянца и перса? Однако все эти языки — родичи, хотя и довольно отдаленные. Все они принадлежат к индоевропейской семье языков. Исследования ученых показали, что в индоевропейских языках можно проследить общие корни многих основных слов. Например, русское слово «брат», немецкое «брудер», персидское «бирадэр» явно имеют общее происхождение.

Важнее, чем наличие общих корней слов, сходство грамматического строя. Так, например, языки индоевропейской семьи, некоторых других семей — семито-хамитской, уральской, алтайской (тюрко-монгольской), некоторых африканских большей частью имеют особые формы для обозначения множественного числа существительных и прилагательных. Но в языках многих других семей (китайско-тибетской, японской, корейской) нет грамматических форм для обозначения множественного числа предметов. По-китайски «стол» и «столы» одинаково «чжоцзы».

Сходные языки в большинстве случаев бывают у народов общего происхождения или связанных длительной совместной жизнью в одном государстве, тесными хозяйственными связями и культурным общением. Такие народы обычно ясно сознают свое родство. Им нетрудно понимать друг друга. Русские, например, понимают украинские песни, легко учатся говорить по-украински. Столь же близок к русскому и третий восточнославянский язык — белорусский. Речь западных и южных славян (поляков, чехов, словаков, болгар и др.) менее понятна русскому, чем украинская, но и с ними русские могут обменяться простыми фразами без помощи переводчика.

Но бывает и иначе. Сходство языков иногда обнаруживается у народов, живущих далеко друг от друга и давно уже не общающихся между собой. Похожи, например, язык венгров (мадьяр) и языки двух маленьких народностей Западной Сибири — хантов и манси. Когда-то в далеком прошлом их предки жили вместе. От этого далекого прошлого осталось языковое сходство, которое постепенно ослабевало, так как на протяжении длительного времени языки эти развивались и изменялись отдельно один от другого. На языках одной и той же тюркской группы говорят многие народы разных районов Советского Союза — Средней Азии, Поволжья, Сибири, а также и некоторых зарубежных стран.

На земном шаре насчитывается более 2 тыс. различных языков, а диалекты, или наречия, исчисляются десятками тысяч.

В мире существует *девять* языков, на каждом из которых говорят более ста миллионов людей: больше всего — на китайском, затем на английском, испанском, хиндустани (хинди и урду), русском, арабском, немецком, японском и бенгальском. На каждом из пяти других языков — португальском, итальянском, французском, яванском и пенджаби — говорят свыше 50 млн. человек.

Русский язык является родным для 140 млн. человек. Как основным языком Советского Союза им широко пользуется все население нашей страны общей численностью свыше 241 млн. человек. Он широко распространен также среди народов социалистических стран и всего прогрессивного человечества как язык новой, социалистической культуры.

На китайском и на родственных ему диалектах Южного Китая говорят более 700 млн. человек: в самом Китае и странах, где живут китайские меньшинства.

По-английски говорят, кроме англичан и шотландцев в Великобритании, большинство жителей США, Канады, Австралии, Новой Зеландии, Ирландии, часть населения Южно-Африканской Республики — всего почти 290 млн. человек, из них лишь около 60 млн. — в Европе.

На испанском языке говорят более 160 млн. человек — испанцы (23 млн.) и почти все народы Латинской Америки.

Хинди — государственный язык Индии, урду — Пакистана. Оба языка очень близки друг к другу

и имеют общее название «хиндустани». На хиндустани говорят около 200 млн. человек. Кроме того, большинство народов Индии и Пакистана, говорящих на других языках, пользуются хинди или урду наряду со своим родным.

На арабском языке говорят в Египте, Алжире, Сирии, Ираке и в некоторых других странах Северной Африки и Юго-Западной Азии — всего более 100 млн. человек.

На немецком, японском и бенгальском языках говорят примерно по 100 млн. человек; на португальском — свыше 90 млн. (в том числе более 80 млн. бразильцев в Америке).

На французском языке говорят около 60 млн. человек (46 млн. французов и несколько малых народов в Европе и Америке); он используется как язык культуры и государственный язык в ряде многоплеменных государств Африки (Сенегал, Мали и др.). На итальянском говорят более 65 млн. человек.

Расселение людей на Земле

Население мира на 1 июля 1970 г. составляло 3615 млн. человек.

О количестве людей, живущих в какой-либо стране, узнают из переписей населения, которые проводятся в большинстве государств через определенные промежутки времени, например через каждые десять лет.

О численности населения в прошлые века нет точных сведений, но все же историкам удалось приблизительно установить, сколько жило людей в разные эпохи. Оказалось, что в прошлом людей было меньше, чем теперь.

В прежние эпохи население мира возрастало гораздо медленнее. При первобытнообщинном строе для удвоения населения требовались, вероятно, тысячи лет. В 1800 г. население мира составляло приблизительно 906 млн. человек — почти в четыре раза меньше, чем сейчас.

Отчего же население Земли растет теперь быстрее?

В первобытном обществе люди почти не доживали до старости: слишком много опасностей их подстерегало на каждом шагу. Многие погибали от недостатка пищи, от болезней, которые тогда не умели излечивать, от хищных зверей, большинство детей умирало в раннем возрасте.

С развитием земледелия и скотоводства, умения строить жилища, запасать пищу впрок, изготовлять одежду и орудия труда, с ростом медицинских знаний зависимость человеческого общества от невзгод природы становилась слабее. Люди стали жить дольше, научились оберегать от смерти детей, и население стало быстрее увеличиваться.

Не следует думать, что во всех случаях население растет тем быстрее, чем выше развита человеческая культура. В первое время строительства городов население стало жить более скученно и появились массовые эпидемии. Так, например, в середине XIV в. по всей Европе прокатилась «черная смерть» — эпидемия чумы, от которой вымерло много миллионов людей.

С развитием техники войны стали кровопролитнее, в них гибли уже многие тысячи, а в XX в. даже миллионы людей.

Но в промежутки между эпидемиями и войнами умирало людей меньше, чем рождалось, поэтому общее число людей на Земле от десятилетия к десятилетию и от столетия к столетию увеличивалось. Врачи научились побеждать одну болезнь за другой: в развитых странах исчезли такие болезни, как чума, холера, оспа, малярия. В результате снизилась смертность. Особенно сильно она уменьшилась в странах социализма в связи с их возросшим благосостоянием и заботой государства о здравоохранении. В большинстве стран, которые освободились от колониальной зависимости, тоже ведется усиленная борьба с эпидемическими заболеваниями, голодом, невежеством. Смертность в этих странах намного уменьшилась, и население их растет все быстрее.

Мы все обычно считаем, что число мужчин и женщин приблизительно одинаково. В действительности же в мире мужчин немного больше, чем женщин, но есть страны, где женщин больше. В странах Европы, например, число женщин значительно больше, чем мужчин, а после второй мировой войны эта разница заметно увеличилась. В большинстве же стран Азии мужчин больше, чем женщин, почти на 48 млн. Интересно, что рождается мальчиков всегда немного больше, чем девочек (примерно 105 мальчиков на каждые 100 девочек).

Из общего числа населения мира 34% составляют дети (до 14 лет включительно) и 8% — старики (от 60 лет); остальные 58%, т. е. больше половины всего населения,— это взрослые люди трудоспособных возрастов.

В некоторых странах возрастной состав иной. Так, например, в Африке дети составляют более 40% населения, а старики — только 6%. Это объяс-

няется тем, что в большинстве стран Африки высокая рождаемость, но бóльшая часть населения все еще живет в тяжелых условиях и лишь немногие африканцы доживают до глубокой старости.

Люди расселены по Земле неравномерно. Во всем мире в среднем на 1 км^2 суши (без Антарктиды) приходится около 26 человек. Однако страны зарубежной Европы населены почти в 4 раза гуще, чем мир в среднем (93 человека на 1 км^2); густо заселена и зарубежная Азия (в среднем около 70 человек на 1 км^2). Население Америки и Африки примерно в два раза реже, чем в Австралии (с Океанией), и в десять раз реже, чем в среднем на Земле.

Различия отдельных стран по плотности населения еще резче, чем между частями света. В таких странах Западной Европы, как Бельгия и Голландия (Нидерланды), на 1 км^2 приходится более 300 человек, в Великобритании и Федеративной Республике Германии — 220—230, в Италии — 174, во Франции — 81 человек. В этих странах города и селения отстоят друг от друга лишь на несколько километров. Земля почти вся возделана и покрыта густой сетью дорог, очень много больших городов.

Иначе выглядит Север Европы: в Швеции на 1 км^2 приходится 18 человек, в Финляндии — 13, в Норгегии — 12, в Исландии — 2 человека.

И на других материках плотность населения неравномерна. В США — 21 житель на 1 км^2, в Аргентине и Бразилии — 8—9, а в Канаде и Австралии — менее двух человек. В каждой из этих стран имеются области с густым населением, главным образом вблизи промышленных городов и морских портов. В то же время в них есть и обширные почти безлюдные пространства — тропические леса бассейна Амазонки в Бразилии, северные леса и тундры Канады, пустыни Центральной Австралии. В Австралии можно встретить лишь малочисленные кочующие племена. Колонизаторы оттеснили их в глубь страны, где они с трудом добывают себе скудное пропитание. В США многие полупустынные районы (на Горном Западе страны) отведены под «резервации» — земли, на которые были некогда принудительно загнаны остатки индейского населения и на которых их потомки живут и поныне.

Во многих странах Южной и Восточной Азии плотность населения очень высока: в Японии — около 270 человек на 1 км^2, на Цейлоне — более 180, а в Индии — почти 160. В дельте Ганга — в Индии, на острове Ява — в Индонезии и в некоторых других районах Азии на 1 км^2 приходится 600, 700 и даже 1000 человек. А в той же Индонезии, на острове Калимантан, можно встретить на большом пространстве лишь редкие деревушки.

В большинстве стран Западной Азии плотность населения сравнительно невелика (в Турции — около 45, в Афганистане — 25, в Иране — 15, в Саудовской Аравии — 4 человека на 1 км^2).

Средняя плотность населения в Советском Союзе — 11 человек на 1 км^2. В Европейской части Советского Союза она в несколько раз больше, чем в Азиатской.

В эпоху капитализма во всех частях света выросло множество больших и малых городов. Особенно бурно росли города в Западной Европе и США. В последнее время города быстро растут и в странах Южной Америки (в Аргентине, Бразилии и других странах), в Австралии, на северном и южном побережьях Африки, в странах Азии (например, в Индонезии). В СССР в связи с развитием промышленности города растут особенно быстро.

Сейчас во всем мире в городах живет немногим более 1 млрд., а в сельских местностях свыше 2 млрд. человек. Кое-где сохранились небольшие группы людей, которые ведут кочевую жизнь (некоторые индейские племена в Южной Америке, коренные австралийцы, кочевники-скотоводы Сахары, Аравийской и других пустынь Африки и Азии).

В некоторых странах подавляющее большинство населения живет в городах: в Англии — 80%, Австралии — 80%, Федеративной Республике Германии — 78%, США — 70%, Японии — 60%. В городах живет более 60% населения Америки, 60% — зарубежной Европы, 20% — зарубежной Азии и менее 20% — Африки. В СССР в городах живет 56% населения.

Почти полмиллиарда человек, т. е. примерно 40% городского населения мира, живет в больших городах, насчитывающих свыше 100 тыс. жителей. В нашей стране таких городов 208.

Все больше становится городов-гигантов с числом жителей свыше 1 млн. человек. Таких городов совсем не было до середины XIX в. Они появились в Европе, затем в Америке и Азии, а в XX в. — в Австралии и Африке. Таких гигантских городов (считая население городов вместе с их пригородами) в мире более сотни. Десять из них — в СССР.

Чрезмерное сосредоточение людей в городах-гигантах приводит в капиталистических странах ко многим уродливым явлениям: усиливается загрязнение воздуха, рек и озер; недостает пресной воды для снабжения городов, в настоящее бедствие превратились городские трущобы.

В социалистических странах развитие городов идет более гармоничным путем. Темп роста крупных городов контролируется. Происходит сближение между городом и деревней.

Как изучали земной шар

Путешественники Древней Греции

Выдающимся путешественником древности был греческий историк и географ *Геродо́т* из города-порта Галикарнаса на западном побережье Малой Азии. Он жил в эпоху, когда Древняя Греция вела тяжелую борьбу с могучей Персидской державой. Геродот решил написать историю греко-персидских войн и подробно рассказать о природе и жизни населения стран, которые находились в то время под властью Персии.

Путешествия Геродота относятся к 460—450 гг. до н. э. Он посетил греческие города на побережье Малой Азии и страны Балканского полуострова. Продолжительное путешествие Геродот совершил в Скифию — южные области Русской равнины.

До Геродота Скифия была мало известна грекам, хотя они и вели с ней торговлю. Сведения Геродота имеют большое значение для историков. Геродота, который родился и вырос в гористой и лесистой местности, Скифия поразила огромными безлесными равнинами, тучными пастбищами. Скифская зима, продолжительностью в несколько месяцев, показалась Геродоту суровой. Он писал, что в Скифии зимой пролитая вода «не делает грязи» (т. е. замерзает). Лето ему показалось тоже холодным и дождливым. Поразили Геродота и огромные реки Скифии — Гипанис (Южный Буг), Борисфен (Днепр), Танаис (Дон) и др. Он знал с детства, что в Греции реки берут начало в горах, но в Скифии гор нет. По его мнению, эти реки должны были начинаться в каких-то больших озерах. Несмотря на этот ошибочный взгляд, Геродот в общем верно охарактеризовал Скифскую равнину. Особенно заинтересовали Геродота племена, населявшие Скифию и соседние с ней области. Скифы, обитавшие в степной и отчасти лесостепной зоне, делились на земледельцев и скотоводов. Необычным казался грекам кочевой образ жизни скифов-скотоводов.

Геродот собрал интересные, порой полуфантастические сведения о народах, живших к северу и северо-востоку от скифов. Он узнал об охотниках — тиссагетах и ирках, населявших «каменную и неровную землю» (вероятно, Приуралье и Прикамье), и о растущих там густых лесах, где водятся бобры, выдры и другие пушные звери. Дальше, у подножия высоких и недоступных гор (это уже, вероятно, Уральский хребет), занимали территорию племена аргипеев, у которых были бритые головы и плоские лица с большими подбородками.

Геродоту сообщили, что еще дальше лежат места обитания одноглазых людей — аримаспов. Там много золота. Но его стерегут грифы — страшные чудовища, похожие на львов, с орлиными клювами и крыльями. На Крайнем Севере, за Скифией, распо-

На таких судах греки выходили в Атлантический океан.

ложены необитаемые земли, где очень холодно, все время лежит снег и полгода стоит ночь.

Из Скифии Геродот отправился на Черноморское побережье Кавказа. От жителей Колхиды он узнал, что за горами простирается огромное море (Каспийское), а за ним — обширная равнина. Там живут воинственные племена — массагеты. До Геродота греки представляли Каспий как залив океана и не знали, что лежит восточнее его.

Возвратившись на родину, Геродот спустя некоторое время отправился в новое путешествие — во внутренние районы полуострова Малая Азия и Месопотамскую низменность. Он подробно описал Вавилон с его высокими каменными стенами, огромной библиотекой и роскошными садами на террасах. В Месопотамии его особенно заинтересовали финиковые пальмы, из плодов которых население приготовляло хлеб, вино и мед. Понравились Геродоту суда, плавающие по Тигру и Евфрату. Их круглый корпус был сделан из ивовых прутьев и обтянут кожаным чехлом.

В Вавилоне Геродот узнал много нового об «отдаленнейшей из стран Востока». Такой для греков была Индия. Ему рассказали, что в Индии в огромном количестве добывается золото, что там много диковинных растений: тростник, бамбук, из одного колена которого будто бы можно сделать лодку; злак, зерно которого «варят и едят вместе с шелухой» (рис); деревья с плодами в виде клубка шерсти — из нее жители Индии делают себе одежду (хлопчатник).

Много времени Геродот провел в Египте. Он побывал там в городах, у знаменитых пирамид и Сфинкса, поднялся вверх по Нилу до Сиены (современный Асуан). Геродот отметил особенности природы Египта: отсутствие облачности и дождя, подъем и разлив воды в Ниле в самое жаркое время года, животных, неизвестных в Греции и Малой Азии (крокодилы, гиппопотамы, рыбы и птицы).

После Египта Геродот посетил города Северной Ливии (Африка), где собрал интересные сведения об обитателях северной части Африканского материка и оазисов в пустынной песчаной зоне. Сведения Геродота о древнем населении Сахары подтверждаются новейшими археологическими данными (рисунки на скалах в Тибести, Феццане и Оране).

Великим путешественником Древней Греции был и астроном *Пифе́й* из Массилии (г. Марсель). Экспедицию Пифея организовали торговцы Массилии, чтобы отыскать пути в далекие северные страны, где есть олово и янтарь. Пифей не только выполнил поручение торговцев, но и совершил несколько географических открытий, прославивших его имя.

Путешествие Пифея началось в марте 325 г. до н. э. Два пятидесятивесельных корабля вышли из гавани Массилии. Их путь лежал к Гибралтарскому проливу, который находился в руках карфагенян и был закрыт для прохода чужеземных судов. Во время грозы под покровом темной ночи Пифею удалось миновать стражу и выйти в Атлантический океан. Днем и ночью шли корабли на запад, потом на север, стараясь как можно дальше отойти от опасных мест.

Во время ночлега в устье одной реки Пифей, наблюдая приливы и отливы, первый высказал правильную мысль о том, что это явление связано с притяжением водной оболочки Земли Луной.

Плывя на север, Пифей достиг крупного кельтского города Карбилона в устье Луары. От местных жителей он узнал, что олово к ним поступает из более северных стран. На побережье полуострова Бретань и на острове Уксисама (современный Уэссан в Западной Франции) Пифей встретился с племенами венетов и осисмиев, которые рассказали ему, что олово привозят с лежащих на севере островов. Один из островов называется Альбион или Британия. Рядом с ним лежат небольшие острова Касситериды («Оловянные»). Взяв переводчика, Пифей поплыл дальше и, достигнув узкого пролива (Па-де-Кале), переправился на остров Британия.

На юго-западной оконечности острова он ознакомился с добычей и выплавкой олова. Закупив олово, Пифей отправил один корабль в Карбилон, а на другом продолжил плавание к северу вдоль западных берегов Британии.

Пифей первым наблюдал и установил зависимость между географической широтой и длиной дня и ночи. Чем дальше продвигался он на север (а в это время в Северном полушарии было лето), тем день становился все длиннее и длиннее. У северных берегов Британии он отметил продолжительность дня 18 часов, а ночи — 6 часов.

От берегов Северной Шотландии Пифей направился к Оркнейским и Шетландским островам. Отсюда он осуществил знаменитое плавание в далекую страну Туле, с которой жители Британии вели торговлю. Где могла находиться эта легендарная страна Туле? Большинство современных ученых считает, что Туле — это район Тронгеймсфьорда на западном берегу Норвегии у 64° с. ш.

В древности ни один путешественник до Пифея не поднимался до таких высоких широт. Проплыв вдоль южных берегов Северного моря, Пифей достиг местности, где жили германские племена, добывающие янтарь. Они собирали кусочки янтаря, оставленного морем на берегу во время отлива. Этот янтарь они обменивали у кельтов на железные изделия. От кельтов янтарь попадал в Массилию и другие города Средиземноморья.

Проникнуть дальше к востоку Пифею не удалось. У западных берегов полуострова Ютландия он попал в густой туман. Пифей сделал вывод, что здесь кончается область обитания людей. Выменяв железные изделия на янтарь, Пифей отправился в обратный путь. Он оставил описания своих путешествий, но они до нас полностью не дошли. Мы знаем о них по тем отрывкам, которые сохранились у других древних авторов.

По следам малайских мореходов

Если наложить на карту Европы карту Малайского архипелага, вычерченную в том же масштабе, то острова его вытянутся огромной дугой на пространстве от Ирландии до устья Волги. Это гигантское созвездие островов раскинулось по обе стороны экватора — на 7° к северу и на 10° к югу, между Азией и Австралией. Десятки тысяч островов — крупных, средних, мелких и мельчайших — образуют как бы тысячемильные цепи, которые тянутся длинными дугами в сторону Филиппин, Новой Гвинеи и северных берегов Австралийского материка. Между этими островами, утопающими в зелени тропических лесов, наделенными неисчерпаемыми природными богатствами, плодородными почвами, многочисленными естественными гаванями, лежат внутренние моря, где дуют благоприятные для мореплавания муссонные ветры. Через эти моря — Южно-Китайское, Яванское, Целебесское, Банда, Тиморское — проходит сквозной водный путь из Индийского океана в Тихий, от берегов Индии и Цейлона к берегам Филиппин, Китая, Кореи, Японии, к Новой Гвинее и Австралии.

Для народов, населяющих Малайский архипелаг, море издавно было родной стихией. На своих легких лодках и кораблях островитяне пересекали моря и продвигались далеко на запад вдоль южных берегов Азии. Еще в начале нашей эры малайцы с Больших Зондских островов пересекли весь Индийский океан с востока на запад и добрались до Мадагаскара. Коренные жители Мадагаскара — мальгаши происходят от далеких малайских предков и говорят на языке малайского происхождения. Незримые нити связывают с малайцами и обитателей островов Полинезии.

Достоверные исторические сведения о малайцах относятся к первым векам нашей эры. Тогда самые западные острова архипелага — Суматра и Ява, а столетием позже Калимантан — стали заселяться переселенцами из Южной Индии и Бенгалии.

В непролазных джунглях — римбе и на лесистом плато Суматры обитали бродячие племена — батаки, ала, гаджу, ачин, сакай. Не умея возделывать землю, они добывали себе пищу охотой и сбором плодов дикорастущих фруктовых деревьев. В речных дельтах жили оседлые малайские племена, родственные коренным обитателям глубинных частей Суматры. На тучных, обильно орошаемых землях они выращивали рис, снимая по два урожая в год. Каждый клочок земли приходилось отвоевывать у девственного леса, каждый шаг в знойной, дышащей влажной гнилью римбе стоил неимоверных усилий.

На Яве, где преобладают высокие равнины и легко проходимые горные гряды, борьба за землю была не столь жестокой и суровой. Яванцы заселили не только берега, но и внутренние области острова: в склоны гор уступами исполинской лестницы врезались рисовые поля.

На этих островах в устьях рек возникли очаги богатой культуры, созданной трудолюбивыми и мужественными народами Суматры и Явы. И хотя многое воспринималось от индийских переселенцев, малайская культура, выросшая на родной почве, отличалась самобытностью. Здесь возникли цвету-

Малакка к концу XV в. стала крупным торговым портом — «Венецией азиатских морей». В ее гавани стояло более сотни кораблей.

щие города, сильные и обширные государства. В VII в. на берегах Малаккского пролива уже существовала могучая морская держава Шривиджайя. Ее столица находилась в нижнем течении реки Муси, примерно там, где теперь город Палембанг, центр индонезийской нефтяной промышленности. Вокруг столицы виднелись тщательно возделанные рисовые поля и множество селений.

Жизнь кипела на берегах Малаккского пролива; через него проходил Великий азиатский морской путь, с которым сливалась «дорога пряностей». Она вела от Молуккских островов, Тимора и Сулавеси к Шривиджайе.

Страны южных морей описали купцы и пилигримы, а позднее — арабские географы и путешественники. Эти труды рассказывают о кораблях с командами в 600, 700 и 1000 человек каждый, водимых опытными кормчими; о чудесных дворцах и храмах, о богатых рисовых полях и широких дорогах, прорубленных в знойной римбе. Тысячи путей вели от берегов этих земель к Азиатскому материку и вдоль его южной окраины далеко на запад.

...Прошли века. Перестали существовать могучие и обширные царства. Исчезла Шривиджайя. Распалась великая яванская империя Маджапахит, простиравшаяся в середине XIV столетия от Филиппин и Новой Гвинеи до западной оконечности Суматры. Повсюду возникли многочисленные княжества — обломки прежних империй. Во многих княжествах выросли богатые и сильные торговые города. Это были удивительные города. Тростниковые хижины, глинобитные тесные и грязные домики беспорядочно лепились к огромным складам, корабельным верфям, портовым причалам. Темные, узкие переулки славились притонами и харчевнями. На пристанях, заваленных товарами, теснился разноплеменный люд. Чужеземцев здесь было не меньше, чем местных жителей. Суда стояли в гаванях впритык друг к другу.

Но все эти города затмила Малакка — небольшая рыбачья деревушка в начале XV в., а к концу его — величайший торговый порт, «Венеция азиатских морей». Небольшая река делила город на две неравные части. К югу от реки в зелени садов белели стены мечетей и дворцов. На северном берегу реки за длинным рядом приземистых грязно-белых складов была деловая часть города: рынок, дома местных купцов и четыре иностранных квартала. Здесь порой располагалось до 10 тыс. торговых гостей: купцы и мореплаватели из разных индийских царств, цейлонцы, сиамцы, бирманцы, жители яванских и суматранских городов, капитаны легких двухмачтовых кораблей из гаваней Сулавеси, с Молуккских островов, Тимора, Бали, островов Банда. Приезжали в Малакку иранцы, сирийцы, армяне, греки, египтяне и их компаньоны по торговле пряностями — венецианцы.

В Малакке было тридцать тысяч домов. В ее гавани стояло более сотни кораблей. Сюда привозили златотканые материи из Сирии, опиум и ароматические смолы из Аравии, слоновую кость и черное дерево из Африки, хлопчатые ткани из Гуджарата и Бенгалии, ковры и дорогое оружие из Ирана.

Приходили в Малакку корабли с Запада, используя весенний попутный муссон. А с юго-востока, с Молуккских островов, купцы привозили пряности. Громадные тюки с гвоздикой, перцем, мускатным орехом перегружались в Малакке на местные и чужеземные корабли. Пряности шли в Пекин и в Киото, в Каир и в Венецию. На свои острова молуккские купцы увозили ткани из шелка и хлопка.

Изучая португальские, малайские и другие письменные источники, можно сделать вывод, что из Малакки, из суматранских и яванских городов далеко на запад и восток уходили корабли еще задолго до того, как у берегов Индии и Малакки появились португальцы.

Корабли строили малайские и яванские мастера. Один португальский летописец начала XVI в. писал: «Эти джонки (так здесь называют корабли) гораздо больше наших кораблей и похожи на них. Нос и корма по форме у них одинаковы и снабжены рулями, а паруса делаются из тростника... и корабли эти грузоподъемнее наших и более надежны в плавании, и бортовые надстройки на носу и на корме у них высокие, так что судно похоже на верблюда». На этих судах малайские кормчие смело выходили в открытое море. Они располагали морскими картами, пользуясь которыми капитаны совершали «открытия» в морях Малайского архипелага.

Путешествия Марко Поло

Марко было 15 лет, когда из далекого и продолжительного странствия вернулись в Венецию его отец Николо и дядя Матео — богатые купцы. Это было в 1269 г. Они побывали в Крыму, на Средней Волге, в Самарканде и Бухаре, в Монголии. По их словам, Монгольская империя протянулась от Дуная до берегов Тихого океана. Даже Китай был под властью монгольского хана Хубилая.

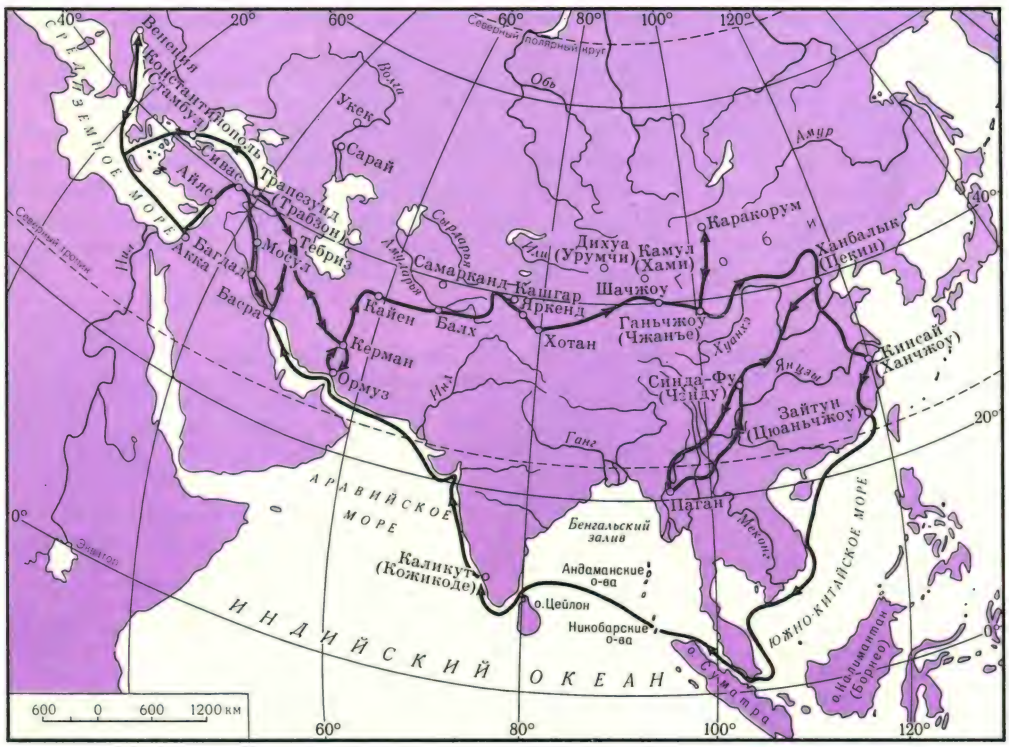
Хан гостеприимно принял братьев Поло и, когда они собрались в обратный путь, поручил им передать письмо папе римскому, в котором выражал готовность установить дипломатические отношения.

Только через два года (1271) братья Поло получили ответное письмо папы и подарки для хана Хубилая. На этот раз Николо взял с собой 17-летнего сына Марко. Так началось знаменитое 24-летнее путешествие Марко Поло. Путь до Китая был долгий, он занял около 4 лет (1271—1275).

Старый хан Хубилай принял семью Поло радушно. Очень понравился хану смышленый молодой Марко. Старшие Поло, Николо и Матео, занимались торговлей, а юноша выполнял дипломатические поручения хана. Он бывал во многих районах, от прибрежных городов до Восточного Тибета. Семья Поло прожила на чужбине 17 лет. Хан Хубилай долго не отпускал их на родину. Им помог случай. Братья Поло и Марко вызвались сопровождать монгольскую и китайскую принцесс, отдаваемых в жены монгольскому правителю Персии (ныне Иран), который жил в Тебризе. Отправлять невест с богатыми подарками через внутренние районы Азии было небезопасно: там шла война между монгольскими князьями. Поло решили плыть на кораблях. Весной 1292 г. флот из четырнадцати четырехмачтовых кораблей отплыл из порта Зайтун (Цюаньчжоу). Во время путешествия вокруг восточных и южных берегов Азии Марко Поло узнал о Японии, об островах Индонезии («лабиринте 7448 островов»), о стране Чамбо на восточном берегу Индокитая. Из Тихого океана в Индийский корабли прошли Малаккским проливом, сделали трехмесячную остановку на берегу острова Суматра. После остановки на Цейлоне и плавания вдоль западных берегов Индии корабли вошли в Персидский залив и бросили якорь в Ормузе, где Поло побывали 22 года назад. Во время плавания по Индийскому океану Марко Поло удалось получить некоторые сведения об африканском побережье, Эфиопии, островах Мадагаскар, Занзибар и Сокотра. Доставив принцесс в Персию, семья Поло в 1295 г. вернулась в Венецию. Вся Венеция поразилась, узнав, сколько богатства — драгоценных камней — привезли с Востока три путешественника...

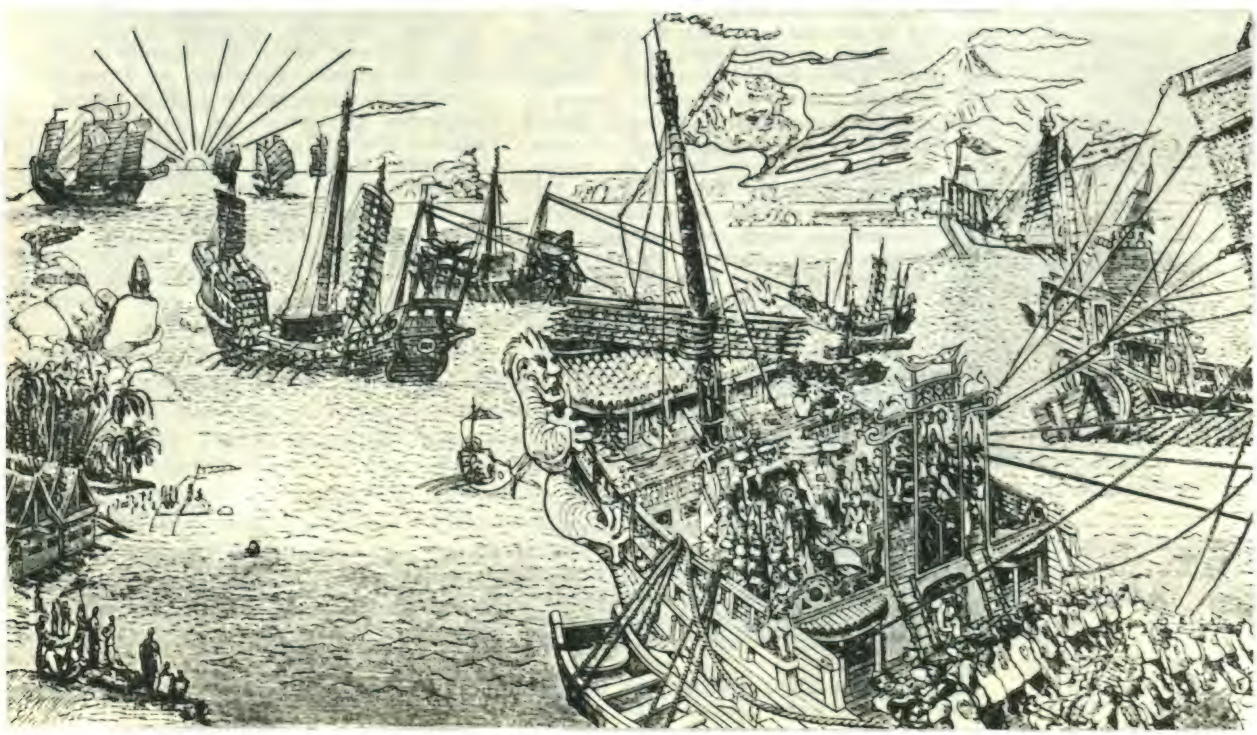
Вскоре вспыхнула война между Венецией и Генуей за первенство в торговле на Средиземном море. Марко Поло снарядил за свой счет корабль и сам участвовал в сражении. Вместе со своей командой он был взят в плен и заточен в генуэзскую тюрьму. Там Марко Поло рассказывал заключенным о своих путешествиях по далеким странам. Один из пленников — итальянский писатель Русти-

Карта маршрутов путешествий Марко Поло.



Портрет Марко Поло, помещенный на титульном листе его книги, изданной в 1477 г.

Возвращаясь в Венецию на китайском корабле, Марко Поло пересек Индийский океан. Полтора года длилось это тяжелое плавание.



чано — записал рассказы венецианца обо всем, что тот видел и слышал во время своего интересного и долгого путешествия.

Спустя некоторое время Марко Поло был освобожден из тюрьмы, вернулся в Венецию и продолжал записи о своих путешествиях. Умер он в 1324 г. знатным, уважаемым человеком. Его книга заинтересовала современников. Вначале она ходила во многих рукописных списках. Впервые издана была в 1477 г., а затем переведена на многие языки. Эта книга познакомила европейцев с далекими странами Востока, с их природой, обитателями, культурой. Правда, не все в ней было достоверным. Но то огромное количество ценнейших сведений о Востоке, которые собрал Марко Поло во время путешествий, сделало этот труд любимой книгой таких выдающихся мореплавателей, как Христофор Колумб, Васко да Гама, Фернандо Магеллан. Книга Марко Поло сыграла немаловажную роль в открытии Америки и морского пути в Индию.

«За три моря»

Тверской купец Афанасий Никитин побывал в Индии за 30 лет до Васко да Гамы и проник в такие районы страны, где до него не бывал ни один европеец.

Осенью 1466 г. из Москвы на родину возвращался посол Ширванского ханства. Афанасий Никитин решил присоединиться к каравану посла и поехать в Ширван торговать. Ханство лежало на юго-западном берегу Каспийского моря и торговало со многими странами Востока. Снарядив два корабля, Никитин двинулся вниз по Волге.

Около Астрахани на караван судов напали татары. В стычке было убито несколько человек, четырех татары взяли в плен. Во время плавания по Каспийскому морю (оно называлось Хвалынским) корабли застигла буря. Один из кораблей был выброшен на берег у г. Тарки (ныне Махачкала). Русские купцы, плывшие на нем, попали в плен к местным жителям — кайтакам. Афанасий Никитин плыл на корабле посла и благополучно достиг Дербента. Почти год провел он в Ширванском ханстве, пока не выручил товарищей из плена. Затем Никитин отправился в Баку. Из Баку Никитин переправился на южный берег Каспия — в персидский город Чапакур. Двигаясь по древнему караванному пути, Никитин дошел до Бендер-Абасса на берегу Персидского залива. Оттуда переправился в г. Ормуз, лежащий на острове у входа в залив. Здесь пересекались торговые пути из Индии, Китая, Египта и Малой Азии. В Ормузе Никитин узнал, что отсюда в Индию вывозятся породистые лошади, которые там очень ценятся. Купив коня, Никитин 9 апреля 1469 г. поплыл в Индию.

Высадился Никитин в индийском городе Чауле (южнее современного Бомбея). Отсюда начались его почти трехлетние странствия по стране. Никитин записывал в дневник все, что его интересовало. Писал он и о тяжелой доле индийских крестьян, разоряемых бесконечными налогами и поборами.

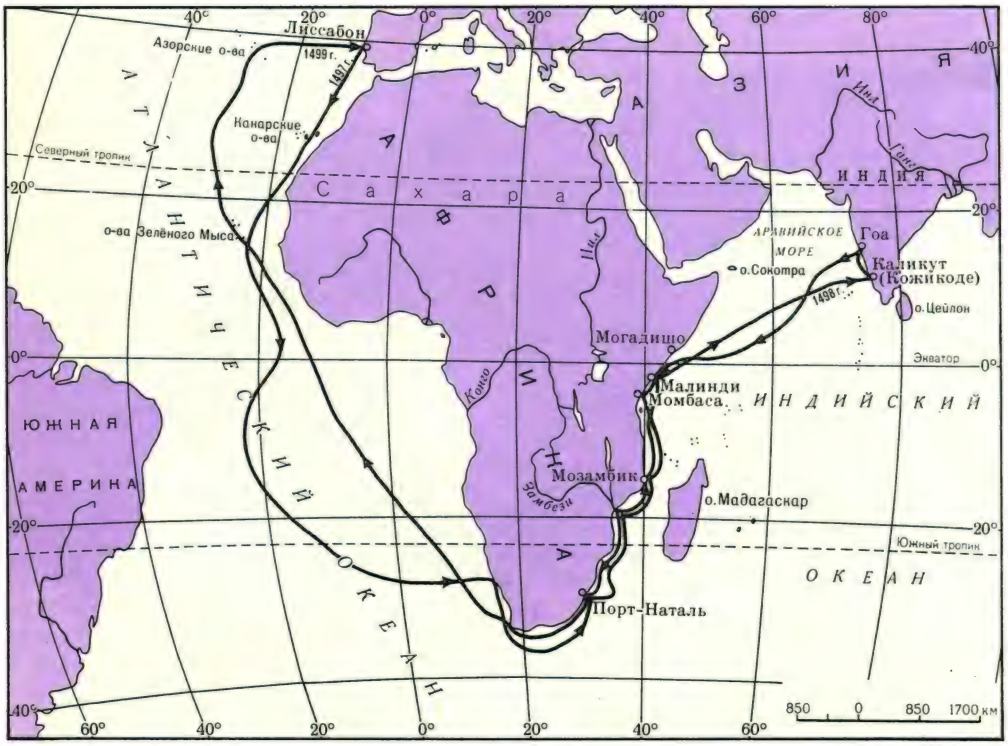
Афанасий Никитин побывал во многих городах плоскогорья Декан. Два месяца он прожил в Джуннаре. Здесь он застал начало периода летних муссонов, принесших относительную прохладу. Это время года Никитин назвал зимой, отметив, что «всюду вода да грязь». Ливень продолжался, по его словам, «день и ночь четыре месяца».

Никитин собрал интересные сведения и о тех районах Индии, где ему самому не удалось побывать.

В начале 1472 г. из приморского города Дабула Никитин отправился в обратный путь. В октябре 1472 г. он достиг черноморского города Трабзона (Трапезунда). Впереди лежало третье — Черное море, которое он должен был пересечь. Первым было Каспийское, вторым — Аравийское. Договорившись с моряками, Никитин переправился в Крым. Корабль закончил плавание в Кафе (Феодосия). В Кафе Никитин встретил русских купцов. Вместе с ними он отправился на родину. В дороге, недалеко от Смоленска, Никитин умер в конце 1472 г. Тетрадь с записями Никитина его попутчики передали в Москву главному дьяку Ивана III Василию Мамыреву, а тот распорядился включить их в летопись. Записки русского путешественника были лучшим для своего времени описанием Индии.

В 1955 г. в г. Калинине на берегу Волги был открыт памятник отважному русскому путешественнику.

Эпоха Великих географических открытий



Маршрут плавания Васко да Гамы.

Эпохой Великих географических открытий принято называть период с конца XV до половины XVII в. Примерно за полтора этих столетия в корне изменилось представление людей о Земле.

Истинные знания, основанные на неопровержимых фактах, пришли на смену религиозным вымыслам, насаждавшимся церковью.

Что же предшествовало эпохе Великих географических открытий?

Уже в XIII—XIV вв. велась оживленная торговля в прибрежных городах Средиземного моря — Флоренции, Венеции, Палермо, Неаполе, Генуе, Марселе. Отсюда европейские товары вывозились в Африку, Малую Азию и торговые города Черного моря. А из Индии, Китая и с островов Малайского архипелага везли корицу, перец, имбирь, мускатный орех, благовонные масла, оружие, жемчуг, ткани...

В XIII в. на пути к Красному морю и Персидскому заливу возникло государство мамлюков, а в XIV в. в Малой Азии — Османская империя. Эти государства отделяли города Средиземного моря от рынков на Востоке. Они облагали сухопутные караваны тяжелыми поборами или просто грабили их. Доставлять товары по южнорусским степям, в обход Каспийского моря, через Среднюю и Центральную Азию было дорого и небезопасно. Нужен был удобный морской путь из Европы в страны Востока.

Поиски выгодных морских путей на Восток начали в XV в. Португалия и Испания. В XV в. народы этих стран после длительных войн освободились от ига арабов. Португальцы продолжали войны с арабами в Северной Африке и, постепенно продвигаясь вдоль ее западного берега на юг, открыли острова Канарские, Зеленого Мыса и остров Мадейра. В 1445 г. португальские мореплаватели дошли до самой западной точки Африки — Зеленого Мыса и к устьям рек Сенегала и Гамбии. До этого никто из европейцев здесь еще не бывал.

У многих в то время возникал вопрос: верна ли карта мира Птолемея? На этой карте Африка простиралась до Южного полюса и отделяла Атлантический океан от Индийского. Но португальские мореплаватели установили: чем южнее, тем берег Африки больше отклоняется к востоку. Может быть, материк где-то с юга омывается морем? Тогда оказалось бы возможным обойти сушу, попасть в Индийский океан и по нему дойти на кораблях до Индии и Китая.

Эту задачу решил португальский путешественник *Бартоломеу Ди́аш.* Выйдя из Лиссабона в 1487 г. на трех кораблях, он обогнул южную оконечность Африки и, несмотря на жестокий шторм,

вошел в Индийский океан. Но измученная команда потребовала возвращения на родину, и на обратном пути Диаш открыл самый южный выступ Африки, который назвал мысом Бурь. После доклада Диаша королю о результатах плавания мыс Бурь переименовали в мыс Доброй Надежды, так как появилась надежда достигнуть Индии и Китая морским путем.

Через 10 лет специальная экспедиция на четырех кораблях под начальством *Васко да Гамы* отправилась на поиски пути вокруг Африки в Индию. Экспедиция, побывав в Каликуте — торговом селении на западном берегу полуострова Индостан, с грузом пряностей возвратилась в Португалию. Два года и два месяца продолжалось это плавание.

В результате плаваний Бартоломеу Диаша и Васко да Гамы карта мира изменилась. Атлантический и Индийский океаны оказались соединенными; нанесен на карту остров Мадагаскар, уточнены контуры Африки и установлено, что африканские берега населены на всем протяжении. Морской путь на Восток был открыт. По новому пути из Португалии двинулись в Индию вооруженные экспедиции. Постепенно захватывая побережья в Индии и жестоко расправляясь с местным населением, португальцы превратили страну в свою колонию. Открытие морского пути в Индию считают началом эпохи Великих географических открытий.

Открытие Америки и «Южного моря»

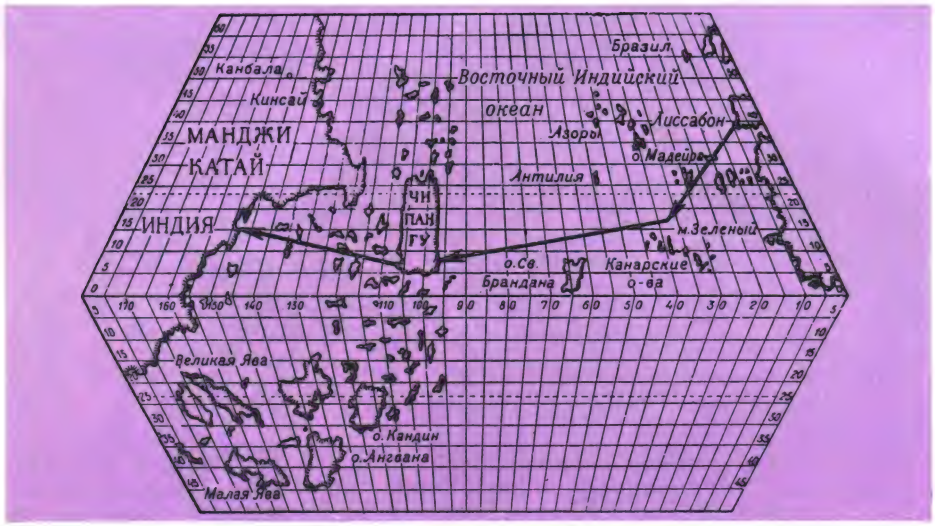
Открытие Португалией морского пути в Индию вызвало и у других государств стремление найти способ проникнуть в страны Востока. Испания не хотела мириться с усилением Португалии. Путь к берегам Африки ей закрывал португальский флот, который уничтожал любой чужеземный корабль, появившийся у западных берегов Африки. Торговля с Востоком по сухопутным караванным путям для Испании была недоступна, так как они проходили через всю Европу.

В это время в Испанию прибыл моряк, итальянец по национальности; ранее он плавал на кораблях под флагом Португалии и некоторое время служил в морском управлении (обсерватории). Звали его *Кристобаль Колóн (Христофор Колумб)*. Разыскав в монастыре близ Палоса знакомого монаха, Колумб рассказал ему, что решил плыть в Азию новым морским путем — по Атлантическому океану. Ему удалось заинтересовать этим некоторых лиц, приближенных к королевскому двору. Он был допущен к королеве Изабелле, которая после его доклада назначила «ученый совет» для обсуждения проекта. Совет состоял в большинстве из духовных лиц. Колумб горячо защищал свой проект. Он ссылался на доказательства древних ученых о шарообразности Земли, на копию карты итальянского астронома Тосканелли, на которой было изображено в Атлантическом океане множество островов, а за ними — восточные берега Азии. После долгих проволочек с Колумбом заключили договор, по которому он в случае успеха получал звание адмирала и вице-короля открытых им земель, а также значительную часть прибыли от торговли со странами, где ему удастся побывать.

3 августа 1492 г. из порта Палос в плавание вышли три корабля: «Санта-Мария», «Пинта», «Нинья» с 90 участниками. Экипажи кораблей состояли в основном из осужденных преступников. Прошло 33 дня, как экспедиция миновала Канарские острова, а земли все не было видно. Команда начала роптать. Чтобы ее успокоить, Колумб записывал в судовой журнал пройденные расстояния, умышленно преуменьшая их. Наблюдая за стрелкой компаса, он заметил, что она ведет себя необычно, отклоняясь от нормального направления на Полярную звезду. Это повергло Колумба в смятение. Он ведь не знал, что существуют районы магнитных аномалий. Но вот появились признаки близости суши: изменился цвет воды, начали летать стайки птиц. Однажды из наблюдательной бочки на мачте впередсмотрящий оповестил: «Земля!» Но это была не суша, а масса плавающих на поверхности длинных водорослей. Корабли вошли в Саргассово море. Наконец 12 октября 1492 г. на горизонте показалась темная полоска суши. Это был небольшой населенный остров Гуанахани в группе Багамских островов. Колумб был уверен, что достиг Азии. Побывав на Кубе, Эспаньоле (Гаити) и других островах, он всюду расспрашивал местных жителей, не Азия ли это. Но ничего созвучного этому слову не услышал. Колумб и его спутники заметили, что островитяне жуют или жгут, держа в зубах, какую-то сухую траву; это был табак, впервые увиденный европейцами.

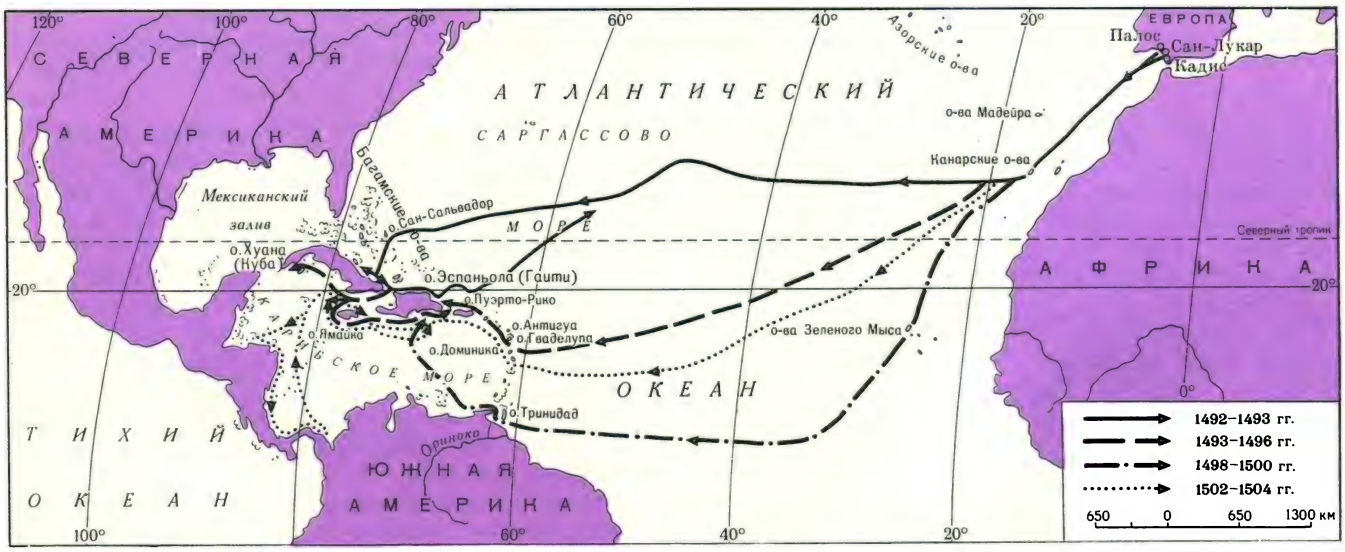
Колумб оставил на острове Эспаньола (Гаити) часть людей во главе со своим братом и отплыл в Испанию. В доказательство, что он открыл путь в Азию, Колумб взял с собой несколько индейцев, перья невиданных птиц, неизвестные растения и среди них маис, картофель и табак, а также золото, отобранное у жителей островов. 15 марта 1493 г. в Палосе его встречали с триумфом, как героя.

Карта Паоло Тосканелли.



Внизу — маршруты плаваний Христофора Колумба.

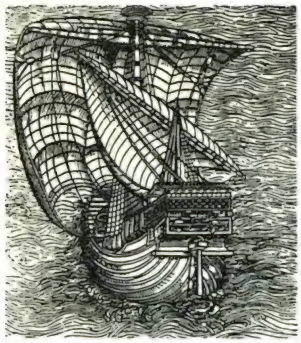
Христофор Колумб.



Так совершилось первое посещение европейцами островов Центральной Америки и было положено начало дальнейшему открытию неизвестных земель, их завоеванию и колонизации. Впервые стала достоверно известна ширина Атлантического океана и установлено существование течения с востока на запад; обнаружено Саргассово море и отмечено непонятное поведение магнитной стрелки.

Возвращение Колумба вызвало невиданную «лихорадку» в Испании. Тысячи людей жаждали поехать с ним в «Азию» в надежде поживиться легкой добычей. Снарядив новую экспедицию, Колумб отправился из г. Кадиса во второе плавание, которое продолжалось с 1493 по 1496 г. Были открыты новые острова в группе Малых Антильских — Доминика, Гваделупа, Антигуа; острова Пуэрто-Рико, Ямайка, обследовано южное побережье Кубы, Эспаньола. Но и на этот раз Колумб не достиг материка. С богатой добычей корабли возвратились в Испанию.

Третье плавание Колумба состоялось с 1498 по 1500 г. Он побывал в дельте Ориноко, открыл острова Тринидад и Маргарита у северного побережья Южной Америки. На острове Эспаньола Колумба ожидал тяжелый удар. Опасаясь, что Колумб может стать правителем открытых им земель, правитель-



Корабль Колумба «Санта-Мария» — самый большой из трех его кораблей — длиной всего 20 м.

После 33 дней плавания по безбрежному океану корабли Колумба подплыли к острову, который оказался обитаемым. Это был остров Гуанахани из группы Багамских островов. Колумб назвал его Сан-Сальвадор.

ство Испании приказало его арестовать. Колумба заковали в кандалы и доставили в Испанию. По ложному обвинению в утайке королевских доходов его лишили всех званий и привилегий, записанных в договоре. Почти два года потратил Колумб, чтобы доказать свою невиновность.

В 1502 г. он вновь отправился в свое последнее плавание на запад. На этот раз Колумб пересек Карибское море от южного берега Кубы, обследовал восточное побережье Центральной Америки и дошел до северного берега Южной Америки. Из четвертого плавания Колумб возвратился в 1504 г. Слава его померкла. Договор с ним правительство Испании не намеревалось выполнять. В 1506 г. Колумб умер почти забытым в одном из маленьких монастырей. До конца жизни он был убежден, что открыл путь в Азию.

В открытые Колумбом земли из Испании хлынул поток жаждущих наживы. Особенно он усилился в первые десятилетия XVI в. Испанские корабли побывали почти у всех Багамских, Больших и Малых Антильских островов, пересекли Карибское море, прошли вдоль южного побережья Северной Америки от Флориды до Юкатана, обследовали восточные берега перешейка между американскими континентами, ознакомились с северным берегом Южной Америки от устья Ориноко до Дарьенского залива. На островах и побережье Центральной Америки возникли испанские поселения.

В самом начале XVI в. в плаваниях к берегам Америки участвовал выходец из Италии торговый делец *Америго Веспу́ччи*. Он пришел к мысли, что земля, открытая Колумбом, вовсе не Азия, а неизвестная обширная суша, «Новый Свет». Он сообщил о своей догадке в двух письмах в Италию. Слух об этом быстро распространился. Во Франции в 1506 г. был издан географический атлас с картой северной части Южной Америки. Автор карт Вальдземюллер назвал эту часть Нового Света землей Америго. Картографы последующих лет распространили это название на Центральную, а затем и Северную Америку.

Встречая упорное сопротивление коренного населения, испанцы вначале не решались продвигаться в глубь материка. В одной из колоний (Санта-Мария) на берегу Дарьенского залива оказался бежавший сюда из Испании от долгов некий *Бальбо́а, Васко Нуньес*. Он слыхал от индейцев, что за горами, на западе, на берегу «большой воды» много золота. С небольшим отрядом Бальбоа в 1513 г. поднялся в горы, перевалил на западный склон и действительно увидел «большую воду». Он назвал ее Южным морем и объявил владением Испании. Это был Панамский залив Тихого океана.

По путям, проложенным Колумбом и Бальбо́а, испанские завоеватели пришли в Америку и захватили не только острова, но и перешеек между двумя континентами, а оттуда распространили завое-

Крепость Навидад была построена Колумбом на острове Эспаньола (Гаити).

Разбойничьи походы испанских колонизаторов против местного населения. Старинная гравюра

вания на север и юг. Испанцы под началом жестокого и вероломного Эрнандо Кортеса прошли с 1519 по 1525 г. с огнем и мечом по земле ацтеков — Мексике, отряды Франциско Писарро в 1524—1533 гг.— по земле инков — Перу и, покорив эти государства, не только разрушили высокую древнюю культуру этих народов, но и уничтожили большую часть населения. Колонизатор Чили Педро Вальдивия потратил тринадцать лет, с 1540 по 1553 г., на преследование и порабощение индейцев вдоль берега от города Куско до 40-й параллели.

Всех, кто шел из Испании по путям Колумба, иногда называют в литературе малыми открывателями. В действительности это были хищные, алчные завоеватели — конкистадоры.

Первое кругосветное плавание

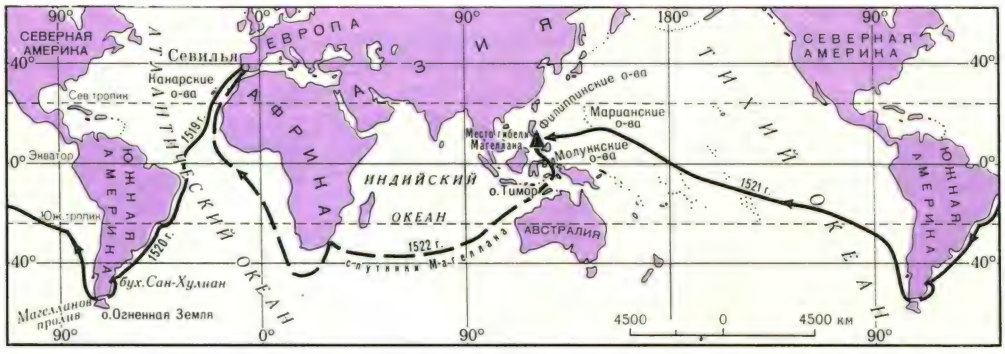
После открытий Колумба в Новом Свете, плавания Америго Веспуччи к Южной Америке и после того, как Бальбоа достиг «Южного моря», все более популярной становится идея шарообразности Земли. Встал вопрос, насколько простирается «Южное море» к западу от Нового Света, может быть, Южная Америка, подобно Африке, омывается морскими водами и, обогнув ее с юга, можно выйти в «Южное море», а далее к берегам настоящей Азии и Восточной Индии? Эту мысль упорно вынашивал португалец *Фернандо Магеллан*. Перейдя на службу к испанскому королю, Магеллан предложил достичь берегов Азии, обойдя Америку с юга.

20 сентября 1519 г. его флотилия в составе пяти кораблей с экипажем 265 человек вышла из устья Гвадалквивира. Переплыв Атлантику, Магеллан направился вдоль берегов Южной Америки в поисках пролива в «Южное море». В бухте Сан-Хулиан зазимовали. Тяжелые условия зимовки подорвали веру в успех у некоторых спутников Магеллана.

В 1520 г. один из кораблей Магеллана разбился о скалы. Оставшиеся четыре судна дошли до узкого извилистого пролива со множеством островов и более месяца блуждали в проходах между островами. На одном из кораблей взбунтовалась команда, и корабль возвратился в Испанию. На трех кораблях 28 ноября 1520 г. Магеллан пробился к «Южному морю». Переход через «Южное море» на запад длился почти четыре месяца. Запасы продуктов кончились. Кроме испорченных сухарей, ничего не было; пресная вода «гнила» и превращалась в желтую, дурно пахнущую жидкость. Почти все болели цингой. На пути протяженностью в 17 тыс. км путешественники встретили всего два пустынных острова. Лишь 6 марта 1521 г. показались обитаемые острова из группы Марианских, которые Магеллан назвал «Воровскими»: жители их не имели никакого понятия о собственности и, приплывая к кораблям, брали все, что попадало под руку.

Вскоре корабли Магеллана подошли к группе крупных островов, которые назвали островами Лазаря (ныне Филиппинские). Магеллан понял, что, обойдя вокруг Земли, он пришел в Старый Свет, к

Старинная гравюра, изображающая Магеллана во время первого в мире кругосветного плавания.



Карта маршрута плаваний Магеллана.

островам Индонезии. Вмешавшись в межплеменную войну, Магеллан погиб в схватке 27 апреля 1521 г. На трех кораблях осталось всего 115 человек. Среди команды было немало больных. Для управления тремя кораблями не хватало людей. Один корабль пришлось сжечь. Из двух оставшихся кораблей один требовал ремонта. У острова Тимор было решено, что после ремонта корабль направится к Америке. Этот корабль блуждал в водах «Южного моря» и, потеряв от цинги половину команды, возвратился к Молуккским островам, где был взят в плен португальцами. Лишь корабль «Виктория» под командой *Эль-Ка́но*, обогнув Африку, 6 сентября 1522 г. возвратился в Испанию. На нем привезли столько пряностей, что деньги, вырученные от их продажи, покрыли все затраты на экспедицию и принесли большую прибыль.

Первое кругосветное путешествие продолжалось три года. Оно имело большое значение для науки. Экспедиция, обойдя вокруг Земли, подтвердила ее шарообразность. Впервые европейцами было пройдено «Южное море», которое Магеллан назвал Тихим океаном. Получено доказательство, что материк «Новый Свет» (Южная Америка) на юге имеет форму клина.

Открыт пролив (позднее названный Магеллановым проливом), отделяющий от материка остров Огненная Земля.

Продолжение открытий в Новом Свете

Открытие Нового Света и начало его завоевания возбудили интерес к Америке не только в Испании. Уже в начале XVI в. португальцы снаряжают одну за другой экспедиции к Южной Америке, обследуют ее восточные берега и постепенно захватывают

Фернандо Магеллан.

Магеллан погиб в 1521 г. в стычке с жителями острова Матан (Филиппины) во время организованного им карательного похода.

побережье от устья Амазонки почти до устья Ла-Платы.

В поисках западного морского пути в Китай английское судно под начальством *Джона Ка́бота* в 1497 г. достигло берегов Северной Америки в районе острова Ньюфаундленд. Пытался проникнуть в Азию западным морским путем в 1524 г. и пират *Джованни Веррацца́но*, находившийся на французской службе. Он открыл восточное побережье Северной Америки между 34 и 46° с. ш. Французский мореплаватель *Жак Картье́* в 1534—1542 гг. совершил несколько плаваний в Канаду и исследовал остров Ньюфаундленд, побережье Лабрадора и т. д. Часть восточного побережья Канады французы объявили своим владением.

Поиски Северо-Западного морского пути в Китай и Индию продолжались в XVI и XVII вв.

На поиски этого пути не один раз отправлялись англичане. В 1576—1578 гг. морской офицер *Мартин Фро́бишер* трижды побывал у берегов Гренландии; он начал изучение островов и проливов Канадского архипелага. Несколько островов и проливов открыл здесь *Джон Де́йвис*, также трижды плававший в поисках морского прохода в Индию (1585—1587). Однако эти экспедиции не нашли пути в Азию.

В начале XVII в. англичане возобновили поиски нового морского пути на Восток. Четыре плавания предпринял с этой целью *Генри Гудзо́н* в 1607—1611 гг. В поисках прохода в Тихий океан через Северный полюс он поднимался до 80° 23′ с. ш. Четвертая попытка закончилась для него трагически: проникнув в неизвестный обширный залив, позднее названный его именем, он зазимовал, а весной 1611 г. возобновил поиски. Команда, не желая проводить на севере еще одну навигацию, взбунтовалась. Гудзон с сыном и семью членами экипажа был высажен в шлюпку и оставлен без оружия и продовольствия на верную гибель.

В последующее время, вплоть до 30-х годов XVII в., отважные мореходы *Томас Ба́ттон, Роберт Ба́йлот, Уильям Ба́ффин, Льюк Фокс* настойчиво, но безуспешно отыскивали проход в Тихий океан. Эти экспедиции снаряжали английские торговые компании. В истории Великих географических открытий эти мореходы оставили заметный след: ими открыто северо-восточное побережье Северной Америки.

К половине XVII в. очертания Нового Света были определены от Огненной Земли до Калифорнии на западе и до Баффиновой Земли на востоке. Окраины Америки на всем этом протяжении стали ареной борьбы за колониальные владения между Испанией, Португалией, Францией, Англией и Голландией. Эти государства выкачивали из колоний громадные

После того как корабли Баренца были скованы льдами, экспедиция была вынуждена зазимовать на берегу Ледяной гавани. Старинная гравюра.

богатства и превращали коренных жителей Америки в рабов. Миллионы индейцев были уничтожены в течение примерно одного-полутора столетий.

Еще целое столетие совершенно неизвестными оставались западные окраины Северной Америки — от Калифорнии до Аляски и северные — от Аляски до Гренландии. Первооткрывателями их стали русские в XVIII в.

Проблема Северо-Восточного морского пути

Почти одновременно с вопросом о Северо-Западном морском пути из Европы в Китай и Индию возник второй: как далеко к северу простирается Азия и возможно ли вдоль ее берегов пройти из Атлантики в Тихий океан, найти Северо-Восточный морской путь?

Во второй половине XV в. пройти на Восток Северо-Восточным морским путем неоднократно пытались англичане и голландцы. В Англии было создано «Общество предпринимателей для открытия стран, земель, островов, государств и владений, неведомых и даже доселе (северным) морским путем не посещаемых». На средства этого общества плавали в 1553—1554 гг. *Ричард Че́нслер* и *Хью Уилло́би*, в 1556 г. *Стивен Барро́у, Артур Пет* и *Чарлз Дже́кмен* в 1590 г., но их корабли доходили лишь до Мурманского побережья или до Новой Земли.

Трижды ходил на Восток голландец *Виллем Ба́ренц* в 1594—1596 гг. Его корабли пытались пробиться на восток и южнее и севернее Новой Земли, но все три раза пройти в Карское море ему не удавалось. В третьем плавании Баренц обошел мыс Желания, но вынужден был зазимовать в Ледяной гавани. Весной 1597 г., возвращаясь к материку, Баренц скончался.

В плаваниях в Арктике немалую помощь англичанам и голландцам оказывали русские поморы, иногда спасая мореходов от неминуемой гибели.

Барроу в отчете о своем плавании указывал на выдающиеся достижения русских поморов, которые на своих ладьях и кочах нередко уходили на север почти до 80-й параллели. Им хорошо были известны воды северных морей до Груманта (Шпицбергена) на западе и Новой Земли на востоке.

В конце XVI в. русские уже регулярно плавали к устью Оби, а может быть, и Енисея.

Вскоре же после похода *Ермака* (1581—1584) в низовьях Оби были построены Березовский городок и Обдорск (ныне Салехард), а затем на реке Таз — Мангазейский острог. Долгое время они служили портами для отправки пушнины морем в Архангельск, а оттуда в Москву. В начале XVII в. русские мореплаватели нередко доходили до устья Енисея и до реки Пясины. Тем временем русские землепроходцы продвигались на восток и по суше и по рекам Зауралья. Они прошли всю Западную Сибирь.

В 1622—1623 гг. от Енисея прошел вверх по реке Нижней Тунгуске отряд под командованием земле-

проходца *Пенды*, перевалил через водораздел и вышел к реке Лене.

В 1632 г. енисейский сотник *Петр Беке́тов* заложил Якутск, а через 10 лет отряды казаков спустились до устья Лены; отсюда *Иван Ребров* прошел морем на запад до реки Оленек, а *Илья Перфирьев* — на восток до реки Яны. Вскоре кочи землепроходцев стали доходить до реки Анабар и на восток — до Индигирки. «Служилый человек» *Михаил Стадухин* «со товарищи» прошел к устью Колымы и в 1644 г. заложил Нижне-Колымский острог.

Самый трудный участок Северного морского пути в обход Таймырского полуострова был пройден морской экспедицией около 1620 г. Остатки зимовья этой экспедиции были найдены полярниками в 1940 г. на острове Фаддеевский и на материке в заливе Симса. Тут были развалины хижины, остов судна, посуда (медные котлы), компас, куски кожи, монеты начала XVII в. и даже обрывки полуистлевшей «жалованной грамоты». Кто именно шел морем на восток — пока еще не разгадано.

Открытие последнего участка Северо-Восточного прохода в Тихий океан связано с именами *Семена Дежнёва* и *Федота Попова*. В 1647 г. они участвовали в плавании на восток от Колымы. Плавание было неудачным: непроходимые льды преградили путь. В следующем году (1648) было снаряжено семь кочей с командой 90 человек. Два коча разбились о льды во время бури. Люди вышли по льдам на берег, но все погибли от голода.

Вскоре в Чукотском море отбились и пропали без вести еще два коча. Когда оставшиеся три коча дошли до мыса «Большой каменный нос», о скалы разбился еще один из них. Люди едва спаслись и разместились на уцелевших кочах Дежнева и Попова. Коч Дежнева за мысом повернул к югу; после жестокого шторма его выбросило на берег у скалистого подножия Корякских гор. Двенадцать человек дошли до реки Анадырь и с великими лишениями перезимовали в ее устье. Коч Попова отнесло бурей далеко к югу. Федот Попов высадился на Камчатке и зимовал, вероятно, близ устья реки Камчатки, а весной ушел в море. Кочи Дежнева и Попова впервые в истории прошли из Ледовитого океана в Тихий проливом, ныне носящим имя Беринга.

Русские мореходы и землепроходцы обследовали, таким образом, все северное побережье Евразии и омывающие его моря. Вклад, внесенный ими в летопись Великих географических открытий, фактически разрешил проблему Северо-Восточного прохода в страны Востока. Плавание Дежнева и открытие им пролива между Азией и Америкой не случайно сравнивали с подвигом Христофора Колумба.

В поисках Южного материка

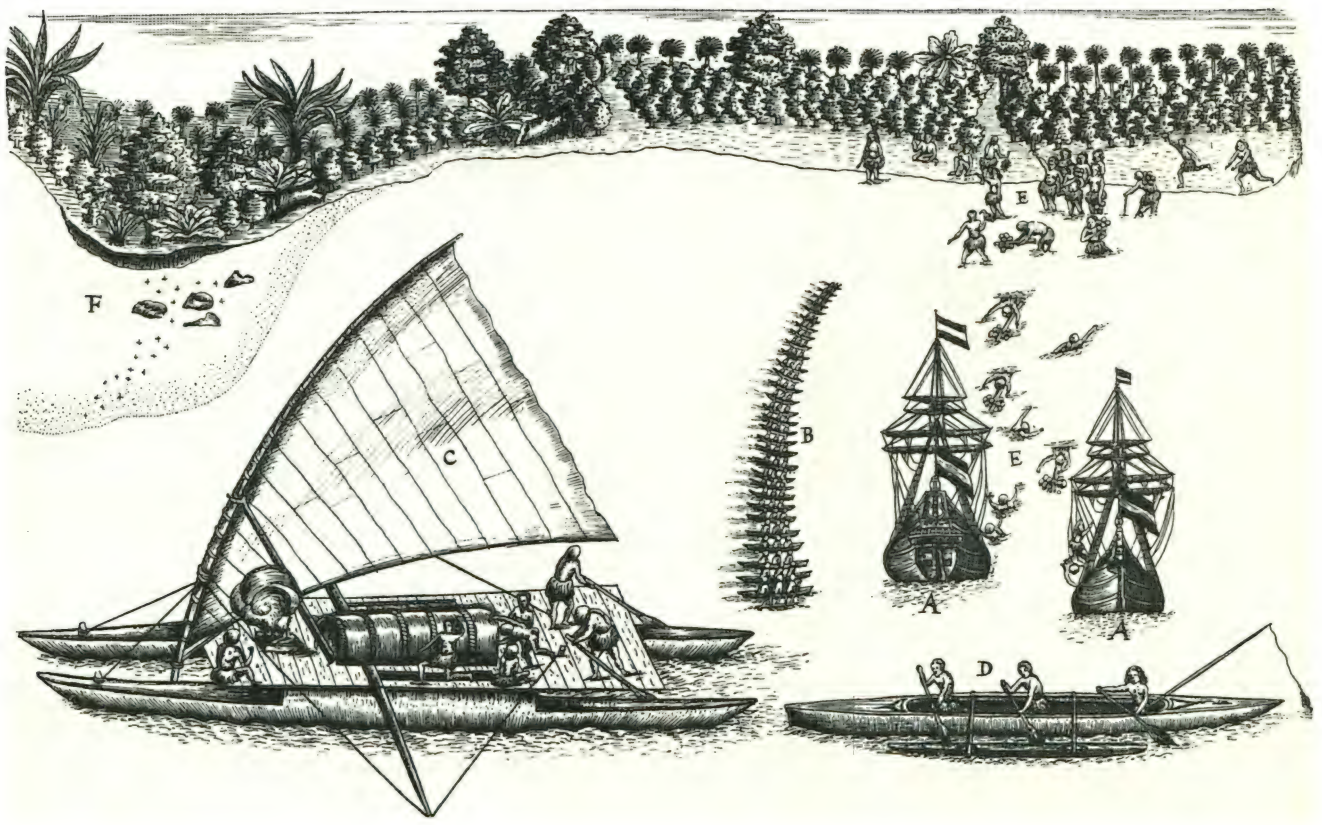
После того как Васко да Гама обогнул юг Африки и португальские колонизаторы ринулись в Индию и к островам пряностей, а Магеллан открыл пролив между Америкой и Огненной Землей, географам предстояло решить увлекательную задачу: далеко ли простирается на юг Огненная Земля и есть ли суша к югу от Восточной Азии? Ведь в сочинениях древних писателей говорится о большом массиве суши в Южном полушарии; на карте Птолемея она занимает все пространство вокруг Южного полюса и соединяется на западе с Африкой, а на востоке с Азией. Но Птолемей оказался неправ — Африка омывается с юга океаном. Так существует ли вообще неизвестный Южный материк?

Вопрос об Огненной Земле был случайно разрешен английским пиратом *Фрэнсисом Дрейком*, нападавшим на испанские корабли у берегов Америки. В конце 1577 г. Дрейк направился по пути Магеллана. Пройдя в 1578 г. пролив, у выхода в Тихий океан его три корабля попали в свирепый шторм, продолжавшийся 52 дня. Один корабль пропал без вести, другой был отброшен бурей обратно в Магелланов пролив и ушел в Англию, а корабль, на котором плыл Дрейк, отнесло почти на пять градусов к югу. Он оказался южнее Огненной Земли, у мыса Горн. Стало ясно, что Огненная Земля не Южный материк. Водное пространство к югу от нее позднее стали называть проливом Дрейка.

Разграбив у западных берегов Южной Америки несколько испанских кораблей с золотом и серебром, Дрейк пересек Тихий и Индийский океаны и пришел в Англию. В течение двух лет и десяти месяцев он совершил второе после Магеллана кругосветное путешествие.

Казалось бы, миф о Южном материке был окончательно развеян после открытия пролива Дрейка. Но испанцы продолжали разыскивать легендарный Южный материк со стороны своих владений в Америке. В результате плаваний в 1527—1529 гг. *Альваро Сааведра*, в 1542 г. *Руи Лопеса Вильяловоса*, в 1565 г. *Андреса Урданетты*, в 1567—1568 гг. *Альваро Менданьи*, в 1605—1608 гг. *Педро Кироса* и *Луиса Ваэсо Торреса* было открыто немало островов в Тихом океане, которые нередко принимали за Южный материк. И хотя мореплаватели все далее заходили в высокие широты Южного полушария, материк как будто отступал все дальше к югу.

Туземные спаренны лодки — катамараны. Рисунок голландского путешественника Абеля Тасмана.



И только в 1642—1643 гг. голландцу *Абелю Тасма́ну* посчастливилось увидеть сушу за 40-й параллелью. Он отплыл от острова Маврикия на юг, зашел за 40-ю параллель и круто изменил курс на восток. По бурным водам сороковых параллелей Тасман прошел от 60 до 140-го меридиана и вскоре подошел к Большой земле, ныне носящей его имя. Он принял ее за западную окраину «Терра Аустралис Инкогнита» (неизвестной Южной земли) и назвал землей Ван-Димена, переименованной позднее в Тасманию.

Далее к востоку Тасман встретил еще одну обширную сушу, названную им Землей штатов (Новая Зеландия). В 1644 г. Тасман описал северные берега Австралии от мыса Йорк до южного тропика и составил подробную карту. Так был открыт истинный Южный материк — Австралия и соседняя с ним Новая Зеландия. Это важное открытие голландские власти держали в секрете, чтобы другие страны не захватили вновь открытые земли. Лишь в XVIII в. англичанин *Джемс Кук* вторично «открыл» Австралию и Новую Зеландию и объявил их колониями Англии. Оставались неизвестными до конца XIX в. пространства на крайнем юге земного шара, за 55-й параллелью.

Великие географические открытия осуществлялись в то время, когда в экономически более развитых странах Западной Европы складывался капиталистический способ производства и возникал класс капиталистов. Первоначально это были купцы, нажившие капитал на торговле, крупные феодалы-землевладельцы, использовавшие даровой труд рабов, верхушка правителей церкви, разбогатевших на торговых операциях, эксплуатации монастырских земель и поборах с одурманенных религией людей. Все они жадно искали источники и способы еще большего обогащения. Военные походы против арабов (мавров) благословлялись и субсидировались главой католической церкви папой римским. Ожидая крупных доходов, влиятельные духовные лица и банкиры помогали организовывать плавания Колумба. Испанский король и королева помогали снаряжать корабли Магеллана. К пиратским действиям Дрейка благосклонно относилось английское правительство. В организацию многих английских экспедиций для поисков морских путей на Восток вкла-

дывали свои средства купеческие компании. Жажда наживы толкала самих мореплавателей в неизвестные дали, хотя часто это было связано с большим риском для жизни. Такие плавания часто кончались катастрофой.

Итак, эпоха географических открытий была вызвана экономическими причинами. В результате географических открытий некоторые государства захватили громадные территории, превратили их в свои колонии. Надеясь на обогащение, в колонии хлынули потоки переселенцев. Колонизаторы поработили и истребили миллионы местных жителей в Новом Свете и в странах Востока. Африка была превращена в «заповедное поле охоты» на негров. Миллионы людей, закованных в кандалы, были переброшены как живой товар работорговцами через Атлантический океан в Америку, на плантации колонизаторов. С открытием новых земель и захватом колоний изменились экономические отношения между соперничавшими колониальными державами, возникли новые мировые торговые пути.

Великие географические открытия показали ложность религиозных сказок о Земле, ее «божественном сотворении». «Теперь,— писал в XIX в. Фридрих Энгельс,— перед взором естествоиспытателей лежал весь мир», и он не укладывался в догматы священного писания.

В XVI в. гениальный польский ученый *Николай Копе́рник* создал свое замечательное учение о Солнечной системе и движении планет вокруг Солнца; в XVII в. были объяснены основные законы движения планет (небесная механика). Появилась возможность объяснить такие сложные вопросы, как смена дня и ночи, продолжительность их на разных широтах, смена времен года и т. д. Именно в эпоху Великих географических открытий громадные успехи сделали астрономия, физика, химия, биология и другие науки.

Путешествия и географические открытия XVIII в.

Географические открытия, о которых здесь рассказывается, были сделаны морскими и сухопутными экспедициями в XVIII в. Экспедиции отправлялись в дальние пути из разных стран и по разным маршрутам, снаряжались с различными целями. Общим у них было то, что они помогали создавать точную карту Земли.

Земля два с половиной века назад представлялась географам далеко не такой, какой она теперь изображается на географической карте. Даже контуры частей света не могли тогда быть нанесены на карту достаточно точно. Внутри материков оставалось множество «белых пятен». Загадочным был крайний север и крайний юг Земли. Много тайн хранил Тихий океан. В представлениях картографов о южной части земного шара и после открытий Тасмана оставалось еще много путаницы, вызванной догадками о громадном континенте «Терра Аустралис Инкогнита». Не меньше хлопот доставляла картографам и северная часть Земли. Одни изображали у Северного полюса сушу, другие — океан, свободный ото льдов. Северный берег Азии наносили на карту поразному, где по догадке, где по сведениям, полученным от русских землепроходцев XVII столетия — казаков, промышленников, «служилых людей». Тихоокеанское побережье Северной Америки примерно почти наполовину оставалось еще неизвестным (достоверные сведения имелись лишь только о его южной половине).

Так выглядела географическая карта к началу XVIII столетия.

В Арктике и северной части Тихого океана

В создании карты арктических и тихоокеанских побережий и островов великая заслуга принадлежит русским геодезистам и морякам XVIII в. Они описали все северные берега нашей Родины, нанесли на карту побережье Аляски, пролив, отделяющий Азию от Американского материка, открыли и описали многие острова и архипелаги.

Первые десятилетия XVIII в. в России — время петровских преобразований, которые способствовали росту промышленности и торговли, развитию отечественной науки. В это время создается русский морской флот. Россия получает выход к Балтийскому морю. Ведутся энергичные поиски новых морских торговых путей. От казака-землепроходца *Вла-*

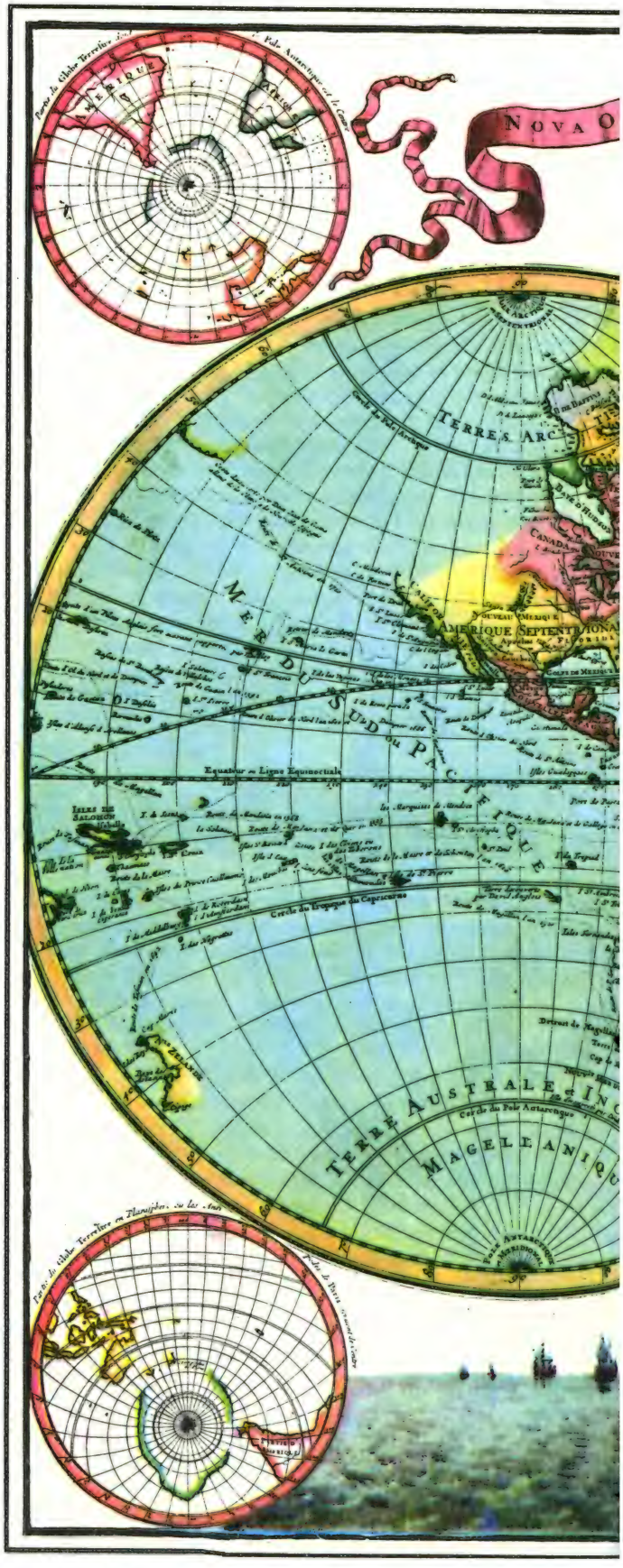
На этой старинной карте еще нет Северо-Западной части Америки и Восточной части Австралии, нет Антарктиды. Со многими ошибками изображены Северное и Восточное побережья Азии. А в изображении малоизученных областей нашла простор фантазия составителей карты.

димира Атла́сова в столицу приходят вести о почти неизвестной Камчатке, куда он совершил поход в 1697—1699 гг. Атласов основал на Камчатке первое русское поселение; сообщил о виденных им вдалеке островах северной оконечности Курильской гряды. Миновало немногим более десяти лет, и к северной части Курил приплыли с Камчатки казаки. Их начальник *Иван Козыре́вский* дважды побывал на Курилах (в 1711 и 1713 гг.) и составил «чертеж» неизвестного картографам архипелага. А еще десятилетие спустя впервые русские геодезисты *Иван Евреинов* и *Федор Лужин* начертили карту, на которой показали вместе с Сибирью полуостров Камчатку и Курильскую гряду.

В 1725 г. из Петербурга отправилась *Первая Камчатская экспедиция*. Снаряжение ее было задумано Петром I незадолго до его смерти. Начальником экспедиции он назначил *Витуса Бе́ринга*, моряка родом из Дании, двадцать лет состоявшего на русской службе. Помощниками Беринга были *Алексей Ильич Чи́риков*, впоследствии знаменитый мореплаватель, и *Мартын Петрович Шпанберг*. Экспедиции предписывалось ехать к берегам Тихого океана, построить там один или два корабля и плыть на север, чтобы узнать, соединяется ли Азия с Америкой. Еще лет за 80 до Камчатской экспедиции эту географическую загадку, в сущности, уже решили Семен Дежнев и Федот Попов. Но донесения Семена Дежнева надолго затерялись в Якутском архиве. С трудностями добиралась экспедиция к Тихоокеанскому побережью. Около полутора лет прошло, пока все участники ее собрались в Якутске. Потом с великими тяготами перевозили грузы по рекам и сухопутью еще на тысячу верст — из Якутска в Охотск. Наконец на небольшом судне «Фортуна» добрались через Охотское море к Камчатке. Там выстроили еще одно судно — «Св. Гавриил», на котором предстояло плыть на север. В июле 1728 г. «Св. Гавриил» отправился в путь. День за днем плыл корабль. Создавалась первая точная карта азиатского побережья моря, которое позднее было названо Беринговым.

Английский мореплаватель Джемс Кук, побывавший в конце XVIII в. в этих местах, писал: «Я должен воздать справедливую похвалу памяти почтенного капитана Беринга; наблюдения его так точны и положение берегов означено столь правильно, что с теми математическими пособиями, какие он имел, нельзя было сделать ничего лучше. Широты и долготы его определены так верно, что надобно сему удивляться».

Во время плавания экспедиция Беринга открыла остров Св. Лаврентия и один из островов Диомида.



BURGUNDIAE DUCIS
MAPPE-MONDE
Dreßé sur les Observations de
Mrs DE L' ACADEMIE ROYALE des SCIENCES
et quelques autres et sur les memoires les plus recens
PAR M. DE L'ISLE
Se Vend
A AMSTERDAM
Chez
IEAN COVENS
ET
CORNEILLE MORTIER
AVEC PRIVILEGE
MER DU NORD
TERRES ARCTIQUES
MER GLACIALE
EUROPE
BARBARIE
AFRIQUE
GRANDE TARTARIE
TARTARIE CHINOISE
CHINE
INDE
TERRE D'YESO
INDIEN
NOUVELLE HOLLANDE
TERRE AUSTRALE et INCONNUE
MAGELLANIQUE
Cercle du Pole Antarctique
AFRIQUE
AMERIQUE

Маршруты экспедиций Беринга и Чирикова.

«Св. Гавриил» прошел пролив, отделяющий Азию от Америки, но противоположного, американского берега мореплаватели не увидели и вернулись. Открытие пролива, известного ныне под названием Берингова, завершили подштурман *Иван Федоров* и геодезист *Михаил Гвоздев*. В 1732 г. они прошли пролив на том же корабле «Св. Гавриил», оставленном Берингом на Камчатке. По путевому дневнику Федорова была составлена первая карта пролива, разделяющего два континента, с обозначением обоих его берегов. Об этих открытиях стало известно в столице не сразу. В это время в Петербурге подготовили новую экспедицию, которой в числе прочих заданий было поручено найти путь от Камчатки к американскому берегу. Начальником Второй Камчатской экспедиции был снова назначен Беринг, а его помощником — Чириков. Кроме плавания в водах Тихого океана экспедиции предстояло нанести на карту весь северный берег страны: от Архангельска до устьев Оби, Енисея, Лены и Колымы и еще далее на восток, к землям Чукотского края. Десять лет продолжались эти работы. Для их выполнения участники экспедиции были разделены на отряды.

Имена многих руководителей и участников этих отрядов навсегда вошли в историю географических исследований и открытий. Среди них лейтенанты *Степан Малыгин* и *Алексей Скуратов*, обогнувшие полуостров Ямал, *Дмитрий Овцын*, который достиг с моря устья реки Енисей в обход Гыданского полуострова. В их числе *Василий* и *Мария Прончи́щевы*, *Харитон* и *Дмитрий Лаптевы*, *Семен Челюскин* и др. Отряды, описавшие северное побережье Азии, ныне называют *Великой Северной экспедицией*.

Из множества открытий, совершенных участниками этой экспедиции, расскажем об одном — достижении самой северной точки Азии на побережье Таймырского полуострова, куда добирался отряд *Василия Прончи́щева*. Он должен был составить описание берега на запад от Лены. Работа этого отряда, как и других, продолжалась несколько лет.

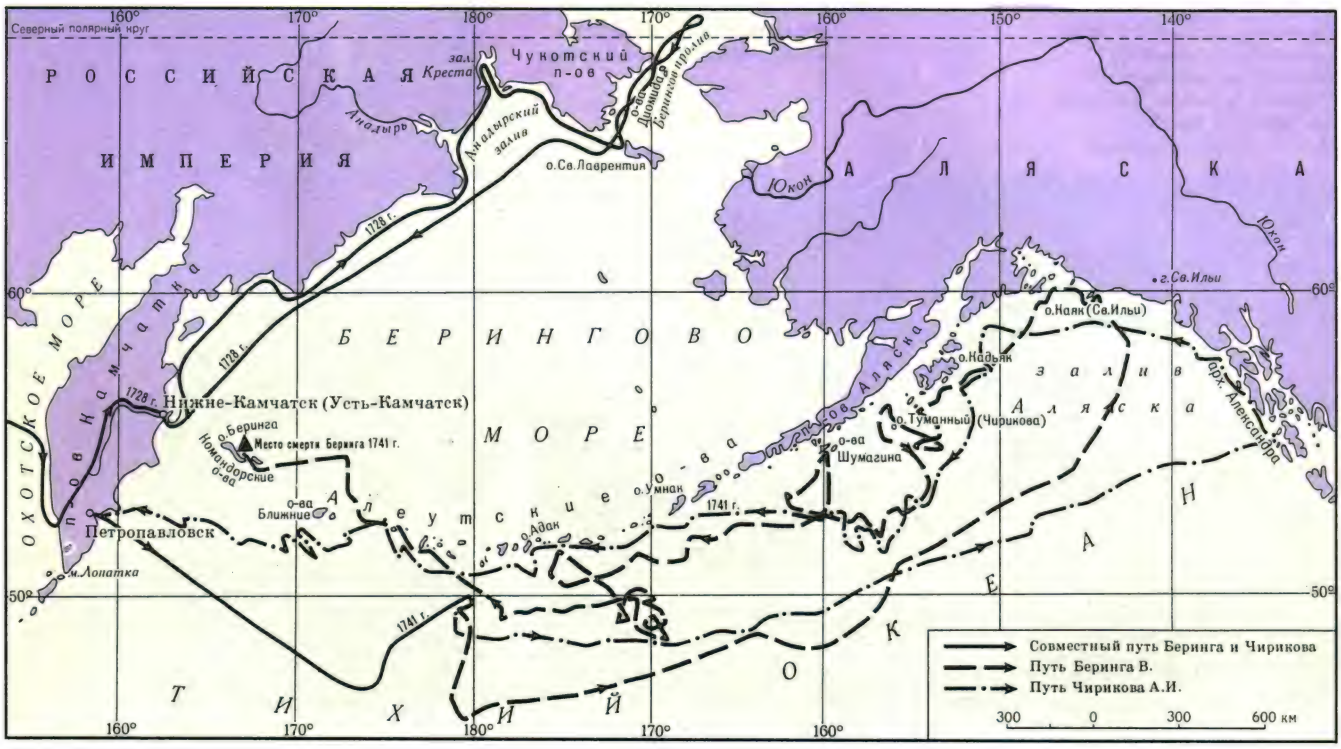
В отряде находилась жена командира *Мария Прончи́щева* — первая женщина, участвовавшая в научной арктической экспедиции. Путь к Таймыру начался в 1735 г. на дубель-шлюпке «Якутск». Плавание длилось меньше месяца, а тяжелая зимовка близ устья реки Оленек — почти год. Потом снова плыли к восточному побережью Таймыра, пока путь судну не преградили льды. На обратном пути к месту прежней зимовки умер от цинги Прончищев. Умерла и его жена, переносившая все тяготы и лишения.

В 1739 г. «Якутск» вновь вышел в море с целью пройти от Лены до Енисея. Отрядом командовал лейтенант *Харитон Лаптев*, помощником его был штурман *Семен Челюскин*. И опять короткое летнее плавание и долгая томительная зимовка возле устья Хатанги. И снова плавание и неравная борьба со льдами близ побережья Таймыра. Последняя, самая трудная часть героической эпопеи наступила, когда судно затонуло. Люди перетащили на берег по льду уцелевшие грузы. Было решено продолжать описание берега.

Семь лет спустя после начала работы появился на географической карте крайний северный мыс Азиатского материка. Его достиг штурман Челюскин. Он шел к нему с двумя спутниками от устья Хатанги. 8 мая 1742 г. Челюскин записал в путевом журнале, что достигнут мыс, дальше которого берег поворачивает на юг. В XIX в. этому мысу было присвоено имя Челюскина.

Большим подвигом тихоокеанских отрядов было достижение Американского материка. Постройка кораблей для этого плавания закончилась в Охотске летом 1740 г., а ранней осенью пакетботы «Св. Петр» и «Св. Павел» отправились к Камчатке. Корабли обогнули южную ее оконечность и вошли в обширную и удобную для стоянки судов Авачинскую бухту на восточном берегу полуострова. На берегу этой бухты во время зимовки был заложен город и порт Петропавловск. 5 июня 1741 г. корабли вышли в дальнее плавание. Пакетботом «Св. Петр» командовал *Беринг*. На борту его находился натуралист *Вильгельм Сте́ллер*, посланный Петербургской академией наук для участия в экспедиции. Пакетботом «Св. Павел» командовал *Чириков*. Совместное плавание кораблей продолжалось около трех недель. Потом они потеряли из виду друг друга, и судьбы их сложились по-разному. «Св. Павел» достиг Америки первым. В ночь на 16 июля под 55° 36′ с. ш. моряки после полутора месяцев плавания увидели гористый берег. Это был один из островов, расположенных возле материка. Высадиться на американской земле не удалось. Посланная с людьми шлюпка не вернулась. Тщетно ждали возвращения и второй (последней) шлюпки, отправленной на розыски пропавших людей. Очевидно, обе лодки погибли в водоворотах, образуемых течением в этих местах.

Обратный путь корабля от американского берега до Камчатки был тяжелым. У Чирикова и его спутников не было возможности пополнить запасы пищи и пресной воды, приходилось голодать, собирать во время дождей стекающую с парусов воду, бороться со штормами и цингой. На Алеутских островах, не нанесенных на карты, мореплаватели повстречали народ, неизвестный европейцам до *Второй Камчатской экспедиции*. В октябре 1741 г. корабль подошел к Авачинской бухте.



Вестей о корабле «Св. Петр» не было еще около года. Какие же испытания выпали на долю находившихся на нем моряков? «Св. Петр» достиг американского берега 17 июля 1741 г. на широте 58° 14′. Мореплаватели увидели горные хребты со снежными вершинами и самую высокую из них назвали горой Св. Ильи. Двое суток корабль плыл вдоль побережья. Затем натуралист Стеллер высадился на берег. За немногие часы пребывания на американской земле он успел познакомиться с растительным и животным миром побережья. Обнаружил он и покинутое жилище людей — землянку в лесу.

Обратное плавание было очень трудным. Корабль попадал и в шторм и в туманы, моряки болели цингой, многие из них умерли. Первым умер матрос Никита Шумагин. «Св. Петр» находился тогда у неизвестных островов. Эти острова мореплаватели назвали в память умершего Шумагинскими. Тяжело болел цингой шестидесятилетний Беринг. Корабль потерял ориентировку и потерпел крушение возле земли, которую ошибочно приняли за Камчатку. Вскоре, однако, выяснилось, что это необитаемый остров. На нем мореплаватели провели мучительную зимовку. Беринг умер. Впоследствии остров был назван его именем, а вся группа островов — Командорскими. Летом оставшиеся в живых люди разобрали поврежденный корабль и построили судно и в августе 1742 г. добрались до Камчатки.

Завершая рассказ о Второй Камчатской экспедиции, назовем еще имя *Степана Петровича Крашенинникова*, автора книги «Описание Земли Камчатки». Путешествия Крашенинникова — примечательная страница в истории исследования нашей Родины. Ему довелось около четырех лет (1737—1741) странствовать по Камчатскому полуострову, изучая его удивительную природу: курящиеся сопки, горячие источники, реки, в которые несметными косяками заходила с моря рыба. Путешественник стал другом камчадалов, издревле населявших Камчатский край. Труд Крашенинникова о Камчатке был одним из самых замечательных географических произведений XVIII в. и не потерял своего значения до сих пор.

Вторая Камчатская экспедиция (включая и Великую Северную) продолжалась в общей сложности десять лет, с 1733 по 1743 г. Не только в XVIII, но и в XIX в. трудно назвать какую-либо еще экспедицию, результаты которой были бы столь значительны. Экспедицией было положено на карту почти все северное побережье России, северо-западное побережье Америки, Алеутские и Курильские острова, побережье Японии, исследована Камчатка.

Во второй половине XVIII в. карта Арктики и северной части Тихого океана пополняется результатами новых исследований и открытий. На карту Арктики наносится Новосибирский архипелаг, известия о котором впервые были получены в 1710—1712 гг. от якутских казаков *Вагина* и *Пермякова*. В начале 70-х годов XVIII в. на этих островах несколько раз бывал промышленник *Иван Ляхов*. По его имени южная часть архипелага получила название Ляховских островов. Около 1760 г. кормщик зверобойного судна *Савва Ложкин* обогнул Новую Землю с севера. В 1768—1769 гг. ее изучал штурман *Федор Ро́змыслов*. Совершаются в это время и от-

Камчатка. От ее берегов начинались плавания Беринга и Чирикова. Первым ученым, который исследовал ее, был С. П. Крашенинников.

Могила Витуса Беринга на Командорских островах.

крытия неизвестных ранее частей побережья другого арктического архипелага — Новой Земли, южный остров которого уже много столетий назад был известен русским поморам.

Михаил Васильевич Ломоносов писал о важности исследований Арктики, он был убежден, что именно русские мореходы проложат путь через северные моря в Тихий океан. Глубоким убеждением, что Северный морской путь будет открыт русскими мореходами, проникнуты поэтические строки Ломоносова:

Напрасно строгая природа
От нас скрывает место входа
С брегов вечерних на восток.
Я вижу, умными очами,
Колумб Российский между льдами
Спешит и презирает рок.

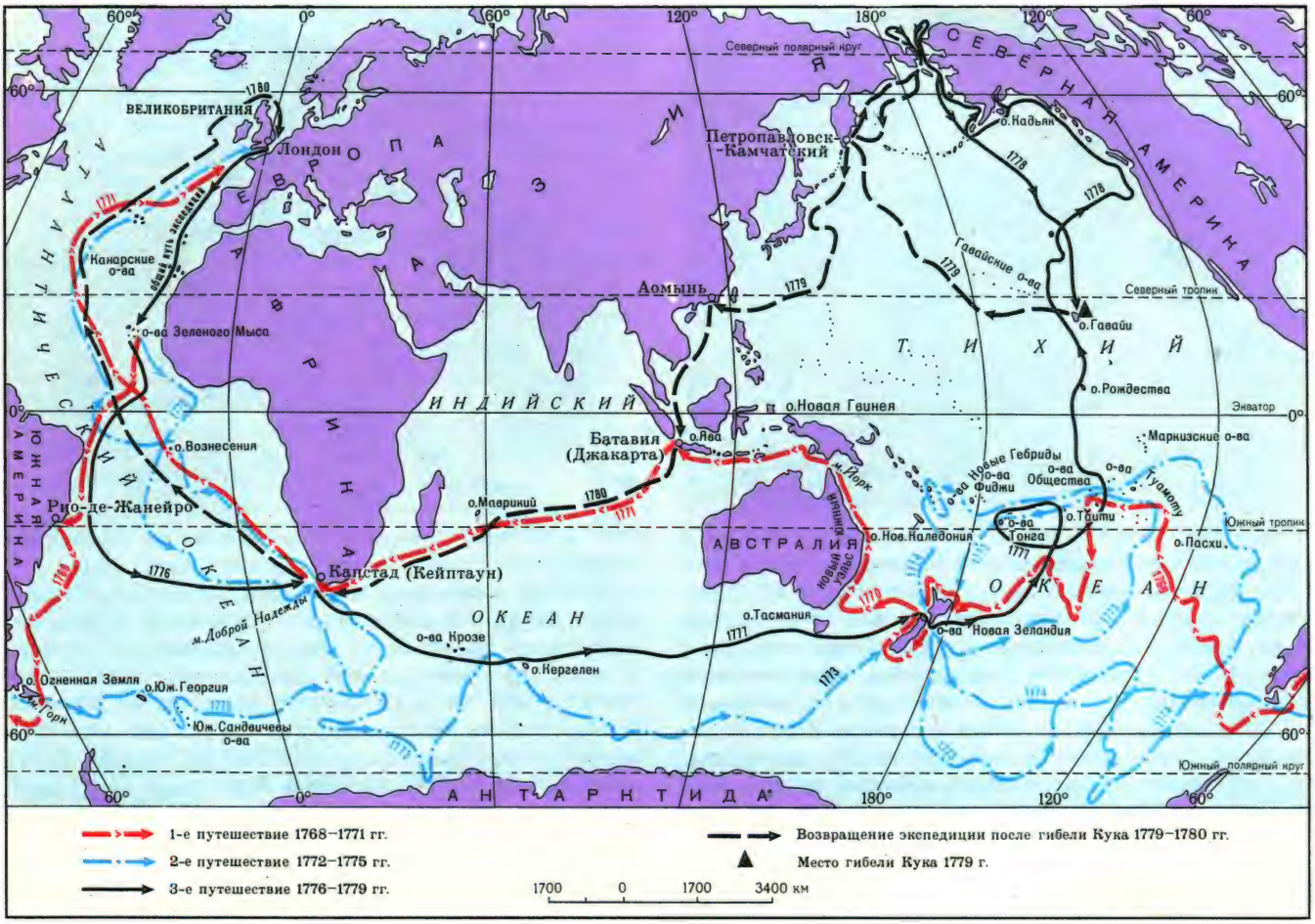
Ему принадлежит работа, в которой он обосновал возможность плавания из Северного Ледовитого океана в Тихий. Она называется «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного прохода Сибирским океаном в Восточную Индию». Эта работа далеко опередила свое время. В ней Ломоносов впервые научно разработал идею освоения Северного морского пути. Именно по замыслу Ломоносова в 60-х годах XVIII в. была предпринята экспедиция под начальством *Василия Яковлевича Чичагова*. Цель ее состояла в том, чтобы пройти от Архангельска на север, в глубь Центрального полярного бассейна, и далее плыть по «Северному океану» в Тихий океан до самой Камчатки. Пробиться во льдах на север дальше 80° 30′ с. ш. Чичагову не удалось, но и эта широта была впервые достигнута парусными кораблями.

Во второй половине XVIII столетия на карту были нанесены новые земли и в северной части Тихого океана. К Алеутским островам приплывают один за другим русские мореходы, промышляющие песца и морского котика. Они открывают все новые острова и целые островные группы в громадной Алеутской гряде, которая, как известно ныне, протянулась более чем на 1800 км. По имени одного из таких мореходов — *Андреяна Толстых* — большую группу островов стали называть Андреяновскими. Исследования здесь продолжала в 1768—1769 гг. экспедиция *Петра Кузьмича Креницына* и *Михаила Дмитриевича Левашова*. Русские промышленники побывали на крупном острове Кадьяк, расположенном близ побережья Аляски. В 1784 г. купец *Григорий Иванович Шелихов* основал на нем постоянное русское поселение, а затем приступил к созданию поселений и на самой Аляске.

Так началось присоединение Аляски к российским владениям. Григорий Иванович Шелихов и *Александр Андреевич Баранов*, назначенный в конце XVIII в. главным правителем Русской Америки, сделали многое для исследования северо-западной части американского континента, в особенности для создания правильной географической карты Аляски.

С 1785 по 1793 г. проводила исследования в Арктике и в северной части Тихого океана экспедиция *Иосифа Иосифовича Биллингса* и *Гавриила Андреевича Сарычева*. На основании исследований выдающийся гидрограф Сарычев составил ценные карты и описания Алеутских островов, отдельных

Маршруты плаваний Джемса Кука.



частей побережья Берингова и Охотского морей, северо-восточной Сибири и Аляски. Эти описания послужили образцом для русских мореплавателей позднейшего времени.

Во второй половине XVIII в. в водах северной части Тихого океана появились английские и французские суда, совершавшие длительные кругосветные плавания.

Вокруг света и в поисках Южного материка

Кругосветные плавания в XVIII в. были трудными, долгими и опасными. Большими географическими открытиями и исследованиями особенно замечательны путешествия английского мореплавателя Джемса Кука, а также французских моряков Луи Антуана Бугенвиля и Жана Франсуа Лаперуза.

Первое французское кругосветное плавание под командованием *Бугенвиля* в 1766—1769 гг. примечательно тем, что в нем принимали участие ученые. Экспедиция сделала много открытий в тропических водах Тихого океана. Среди них был и вторично отысканный (спустя 200 лет после открытия его испанцем Менданьей) архипелаг — Соломоновы острова. Самый крупный остров этого архипелага назван именем Бугенвиля. Побывала экспедиция и на острове Таити (годом ранее его посетил английский мореплаватель *Уоллис*). Бугенвиль красочно описал прекрасную природу острова и быт таитян.

В 1768 г., когда еще не закончилось плавание французской эскадры, от берегов Англии отплыл небольшой трехмачтовый парусник «Индевр» под командованием *Джемса Кука*. Это было первое из кругосветных путешествий, прославивших Кука. Объ-

Корабль «Индевр», на котором Джемс Кук совершил свое первое кругосветное плавание. Рисунок из судового журнала Джемса Кука.

Джемс Кук.

явили, что корабль уходит в экспедицию в Тихий океан для астрономических наблюдений над прохождением планеты Венеры через солнечный диск. Но кроме этого официального задания Кук получил другое, которое английское правительство держало в секрете. Главной целью путешествия было открытие и присоединение к британским владениям неведомого Южного материка «Терра Аустралис Инкогнита», который на протяжении столетий тщетно разыскивали испанцы, португальцы, голландцы, а позднее англичане и французы. Путешествие Кука длилось три года. Он завершил открытие Новой Зеландии, начатое еще сто лет до него голландской экспедицией *Тасмана*. Обойдя вокруг северного и южного островов Новой Зеландии, Кук тем самым окончательно доказал, что это островная суша, а не выступ неведомого Южного материка, как некогда думал Тасман.

Экспедиция впервые нанесла на карту восточное побережье Австралии к северу от 38° ю. ш. Таинственного Южного материка, ускользавшего от настойчивых искателей, мореплаватель не нашел. Очевидно, розыски надо было вести где-то южнее. В 1772 г. Кук отправился снова в путь на поиски неуловимого континента. В этом плавании участвовали немецкие натуралисты *Иоганн* и *Георг Фо́рстеры* (отец и сын). Они собрали большие коллекции, сделали множество наблюдений над природой встречавшихся островов и обычаями островитян. На географической карте появились неизвестные ранее острова. Самый большой из них Кук назвал Новой Каледонией. Двум группам островов в Океании позднее было присвоено имя Кука. Экспедиция уточнила географические координаты многих уже посещенных европейскими моряками земель и основательно исправила карту.

Впервые в истории мореплавания корабли экспедиции пересекли Южный полярный круг, но и за его пределами не обнаружили неведомого материка. О своем путешествии Кук писал: «Я смело могу сказать, что ни один человек никогда не решится проникнуть на юг дальше, чем это удалось мне. Земли, что могут находиться на юге, никогда не будут исследованы...» Как известно, Кук ошибся. Антарктиду открыла полвека спустя после его путешествия русская экспедиция *Фаддея Фаддеевича Беллинсгаузена* и *Михаила Петровича Лазарева*.

В 1776 г. Кук отплыл в третье путешествие вокруг света. На этот раз его главной целью были поиски Северного морского прохода из Тихого в Атлантический океан, в обход американского континента. Экспедиция сделала немало открытий. Из них особенно важным было открытие Гавайских островов. На самом большом из них — острове Гавайя — Кук погиб в стычке с местными жителями. Это был выдающийся исследователь, смелый моряк, но, подобно многим другим открывателям заморских земель, служил колонизаторам, объявляя открытые им побережья Австралии и тихоокеанские острова владением английской короны.

По-иному вел себя в кругосветном плавании, которое началось в 1785 г., французский моряк *Франсуа Лаперуз*. В его путевом дневнике находим такие необычные для того времени размышления: «Каким образом такая случайность, как посещение чужеземного корабля, может послужить основательным поводом к тому, чтобы отнять у злополучных островитян землю, которой с незапамятных времен

владели их предки, орошая ее своим трудовым потом... Этот обычай европейских мореплавателей в высшей степени нелеп». Лаперуз не стал следовать такому обычаю.

Экспедиция Лаперуза занималась исследованиями тихоокеанского побережья Северной Америки и Азиатского материка. Путешественник плавал у берегов Сахалина (ошибочно принятого им за полуостров), прошел вдоль Курильских островов, побывал на Камчатке. Из Петропавловска-Камчатского Лаперуз послал через Россию в Париж с картами и путевыми записями участника экспедиции Лессепса. Это был единственный человек из всей экспедиции, которому довелось вернуться на родину.

Корабли экспедиции Лаперуза пропали без вести на третьем году после отбытия из Франции. Только спустя 40 лет выяснилось, что они потерпели крушение и погибли близ острова Ваникоро в группе островов Санта-Крус, к юго-востоку от Соломоновых островов.

В результате трудов кругосветных мореплавателей XVIII столетия десятки океанических островов и архипелагов заняли свои места на карте, но достичь еще неизвестного континента — Антарктиды — мореплавателям так и не удалось.

Во внутренних областях континентов

На любой карте мира, начерченной два-три столетия назад, мы найдем обширные «белые пятна» внутри материков: Австралии, Африки, Америки и во многих частях громадной Евразии. Зачастую эти «белые пятна» не сразу заметны. Картографы заполняли их в старину, по слухам и своим соображениям вычерчивая горные хребты, озера и реки. Но с каждым столетием карты принимали более близкий к истине вид.

О самом маленьком континенте — Австралии — рассказывать почти ничего не придется. В XVIII в. исследование ее ограничивалось в сущности лишь побережьями. Только в конце века удалось закончить определение контуров Австралийского материка и установить, что Тасмания не полуостров, а остров, отделенный от Австралии проливом. Внутренние области Австралии, ее озера, горные хребты, реки появились на карте уже в XIX в.

Много важных открытий было сделано в XVIII в. в глубине Североамериканского материка. Начало этим открытиям положили французские и английские охотники за пушным зверем и торговцы пушниной, проникавшие все дальше на запад от побережья Атлантики к побережью Тихого океана. Эти «лесные бродяги» красочно изображены на страницах романов американского писателя Фенимора Купера. Появление на географических картах неизвестных ранее европейцам рек и озер означало обычно, что на этих реках лилась кровь и истреблялись индейские племена. Недаром любимый герой Купера Натаниэль Бампо, друг индейского племени делаваров, прозванный в молодости Зверобоем, говорил, очутившись на берегу одного из озер: «Я рад, что у этого озера еще нет имени... по крайней мере имени, данного бледнолицыми, потому что если они окрестят по-своему какую-нибудь местность, то это всегда предвещает опустошение и разорение...»

Из путешествий, которые способствовали созданию правильной карты внутренних областей Североамериканского материка, выделяются экспедиции *Самуэля Херна* и *Александра Макéнзи*. И тот и другой достигли побережья Северного Ледовитого океана, а Макензи побывал и на тихоокеанских берегах. В 1789 г. Александр Макензи с небольшим отрядом добрался до Большого Невольничьего озера и поплыл по реке, вытекающей из озера. Куда течет эта река, тогда еще не было достоверно известно, но на некоторых картах ее изображали впадающей в Тихий океан. Плывя в западном направлении, путешественник надеялся выйти к Тихому океану. Но неожиданно река круто повернула на север. После долгого и тяжелого плавания Макензи убедился, что он приближается к «Великому Северному морю» (Северному Ледовитому океану). Вскоре вдали показалось море. Провизия была на исходе, и Макензи поспешил в обратный путь, а река, которая перестала быть загадкой для картографов, была названа впоследствии его именем. В 1792 г. Макензи вторично отправился в большой и трудный маршрут. Он пересек с востока на запад весь континент, пройдя свыше пяти тысяч километров. Его путь пролегал от реки Св. Лаврентия к озеру Атабаска, и оттуда речными путями и по суше к Скалистым горам и дальше на запад к побережью Тихого океана. Такого большого маршрута не совершала в Северной Америке в XVIII в. ни одна экспедиция.

Из путешествий, совершенных в Южной Америке, достойна внимания большая Перуанская экспедиция, снаряженная Французской академией наук в 1735 г. Экспедиция должна была провести измерения дуги меридиана для уточнения формы Земли. После того как работы были закончены, начальник экспедиции *Кондами́н* отправился в плавание с несколькими спутниками проводниками по Амазон-

Иван Иванович Лепехин.

Петр Симон Паллас.

ке от ее верхнего течения до устья. Это было первое путешествие по Амазонке, совершенное ученым-исследователем.

«Белые пятна» на картах Африки на протяжении XVIII столетия сравнительно мало уменьшились в размерах. Картографам были известны главным образом окраины Африки, ее побережья. В глубь Африки европейцам удавалось проникать только изредка.

В Евразии для создания правильной карты Каспийского моря много сделали экспедиции, снаряженные Петром I. В 1715 г. экспедиция *Александра Беко́вича-Черкасского* составила карту Каспийского моря. Другая карта Каспия была составлена в 1719—1720 гг. гидрографами *Карлом Ве́рденом* и *Федором Ивановичем Со́ймоновым*. В 1726 г. Соймонов обошел все побережье великого озера-моря и уточнил его очертания на карте. Ему принадлежит обстоятельное описание Каспия.

Почетное место в истории географических исследований принадлежит научным экспедициям второй половины XVIII столетия, снаряженным Петербургской Академией наук. Эти экспедиции изучали Европейскую и Азиатскую части нашей страны: Русскую равнину, Уральские горы, Сибирь. Их пути протянулись от Белого до Каспийского моря, от берегов Невы до Байкала и Забайкалья. Мысль о больших экспедициях подобного рода принадлежала М. В. Ломоносову. Великий ученый сделал много для развития отечественной географии. Долгое время, вплоть до последних дней жизни, он возглавлял Географический департамент Академии наук. Ломоносов неустанно призывал изучать природу и хозяйство России. Он настойчиво добивался снаряжения Академией наук экспедиций для географического изучения страны. Но это начинание не встретило при его жизни должного понимания и поддержки. Через несколько лет после смерти М. В. Ломоносова большие академические экспедиции все же были снаряжены.

Наиболее значительными по результатам оказались работы Петра Симона Палласа и Ивана Ивановича Лепехина. Паллас, один из крупнейших натуралистов XVIII в., проделал громадный путь от волжских земель к забайкальским хребтам. Его спутниками были *Василий Федорович Зуев* и *Никита Петрович Соколов*, впоследствии известные ученые. Когда началось путешествие, Палласу было 26 лет, а Зуеву шел всего пятнадцатый год. Это один из самых замечательных юных путешественников, когда-либо участвовавших в столь далеких и трудных маршрутах. В своем дневнике Паллас писал, что за время долгой экспедиции он потерял здоровье и поседел. Труд Палласа повествует нам о Поволжье и Урале, об Алтае и Саянских горах, о далеком озере Байкал и Забайкалье.

Около пяти лет длилось путешествие Лепехина и его помощника *Николая Яковлевича Озерецко́вского*. Их пути пролегли от Балтийского моря до Каспия, а оттуда к Уральским горам и на Крайний Север страны, к побережью Белого моря. Обо всем виденном Лепехин рассказал в своем обширном труде «Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства».

Описания Палласа, Лепехина и других участников академических экспедиций 1768—1774 гг. и поныне сохраняют большую научную ценность. Они способствовали в свое время уточнениям географической карты, но главное их значение в другом. В них содержится множество самых разнообразных сведений о природе и хозяйстве России XVIII столетия. На их страницах оживают старинные города и селения. Тут и Архангельский край, и волжские земли, горнозаводский Урал и Сибирь, какими были они два столетия назад. Путешественниками были найдены многие неизвестные ранее виды растений, птиц, насекомых, описаны месторождения руд, реки, озера, строение горных хребтов.

Отчеты академических экспедиций XVIII столетия рассказывают не об удивительных приключениях и нежданных открытиях, а об упорных исследованиях, неустанных научных трудах.

Географические исследования материков XIX—XX вв.

К началу XIX в. были открыты все существующие на земном шаре материки, за исключением Антарктиды. Однако многие внутренние области материков оставались неисследованными. Обширные районы Африки, нагорья Азии, большая часть Австралии обозначались на картах «белыми пятнами». В XIX—XX вв. географическое изучение Земли значительно расширяется и углубляется. Многие неизученные районы внутри материков получили достоверное отображение на географической карте.

Африка

Огромные пространства Африканского материка, кроме некоторых прибрежных районов, долгое время оставались неизвестными европейцам. Только на рубеже XVIII и XIX вв. европейские путешественники проникли в глубь континента. Особенно возрос интерес к природным ресурсам богатого, но малоизученного Африканского материка в Англии, где в конце XVIII в. произошел промышленный переворот. В 1788 г. в Лондоне была основана «Ассоциация для содействия открытиям внутренних областей Африки». Главной целью Ассоциации был захват неизведанных внутренних районов Африки.

Наиболее удобными путями в глубь Африки были реки. Но о характере главных африканских рек европейцы ничего не знали. Поэтому необходимо было выяснить, где начинаются и куда впадают великие реки: Нигер, Конго, Замбези, где находятся истоки Нила, есть ли на континенте внутренние озера и связаны ли они с этими реками. Первым решил эту загадку шотландский врач *Мунго Парк*. В мае 1795 г. Мунго Парк от устья реки Гамбии отправился на поиски Нигера с небольшим отрядом местных проводников. В июле 1796 г. он достиг у города Сегу величественной реки, которую африканцы называли Джолибо. Это и был Нигер, величаво кативший здесь свои воды на восток. От местных жителей путешественник узнал, что в двух днях пути на восток от города Тимбукту Нигер круто поворачивает на юг. Однако никто не знал, где кончается Нигер. Мунго Парк установил, что реки Гамбия и Сенегал с Нигером не связаны, что Нигер течет на восток, а не на запад, как предполагали многие географы. Куда впадает река и где ее истоки, было неизвестно.

В декабре 1797 г. Мунго Парк вернулся в Англию и обратился к лондонской Ассоциации по изучению Африки с просьбой о новом путешествии на Нигер. Экспедиция отправилась в путь лишь в 1805 г. Большой караван, сопровождаемый вооруженным отрядом, был слишком громоздким. В разгар сезона тропических ливней продвигаться было очень тяжело. Из 42 человек до Нигера добрались только семеро. У города Буса, в нижнем течении реки, где Нигер образует пороги, на небольшую шхуну Мунго Парка напали мавры, и весь экипаж погиб.

Потребовалось еще четверть века, чтобы разгадать тайну Нигера. В 1822—1823 гг. шотландцу *Александру Ленгу* удалось установить, что Нигер берет начало на северо-востоке Сьерра-Леоне.

В 1822—1825 гг. англичане *Хью Клáппертон, Диксон Дéнхем* и *Уолтер Оудней*, исследовав территорию к западу от озера Чад, установили, что Нигер не связан с этим озером, а, не доходя до него, действительно поворачивает на юг. Все участники экспедиции погибли от болезней. О результатах экспедиции Клаппертона в Лондоне узнали из сообщений его слуги *Ричарда Лéндера*, единственного из участников экспедиции, оставшегося в живых и написавшего двухтомную работу «Материалы последней африканской экспедиции Клаппертона». В 1830 г. он доказал, что Нигер впадает в Гвинейский залив.

Немецкий географ и путешественник *Генрих Барт* также проник к берегам озера Чад и выяснил, что из него вообще никакие реки не вытекают, что озеро имеет одни только притоки. Жаркие ветры Сахары иссушают озеро, а в период дождей прибрежные районы покрываются водой. Нанести точные очертания озера на карту не удалось, потому что оно не имеет постоянных берегов.

В 1849 г. *Генрих Барт* и *Адольф Оферверг* прибыли в Триполи, откуда их караван должен был направиться в глубь Африки через безводное высокогорное плато, расположенное в Сахаре. Экспедиция была удачной. В пустыне ученые обнаружили множество памятников культуры: руины храмов и домов, гробницы. Двадцать веков назад сюда пришли римляне и цветущую страну превратили в пустыню. Находки Барта подтвердили его предположение о том, что Сахара когда-то была богата водой и растительностью. В пути создавалась карта маршрута, отмечались многочисленные колодцы, горы, которых оказалось в Сахаре немало, собирались данные о животном мире и растительности. В 1855 г. путешествие было окончено. Барт положил на карту более 20 тыс. км пути по африканской земле.

Но исследование Африканекого материка не было завершено. «Белым пятном» оставалась карта Центральной и Южной Африки. Только в 1860 г. англичанин *Джон Спик* установил, что основным истоком Белого Нила является озеро Виктория.

Давид Ливингстон.

Генри Стэнли.

Изучению внутренних областей Центральной и Южной Африки посвятил свою жизнь замечательный английский путешественник *Давид Ли́вингстон*. Шотландец по происхождению, Ливингстон после окончания медицинского колледжа поступил на службу в Лондонское миссионерское общество и в 1841 г. был послан в качестве врача и миссионера в Южную Африку. Ему удалось изучить жизнь и обычаи африканцев. Врачебная деятельность, доброта и желание принести пользу местным жителям создали ему большой авторитет. В 1849 г. Ливингстон первым из европейцев пересек пустыню Калахари и вышел к берегам озера Нгами. Он отметил, что пустыню Калахари можно было бы назвать степью, если бы не отсутствие рек на всем ее пространстве. Пустыня покрыта травой, встречаются даже деревья. Исследователь установил, что открытое им озеро Нгами в дождливое время года питается водами реки Окованго, а в сухой период рукава ее заболоченной дельты пересыхают и озеро мелеет.

В 1853 г. Ливингстон изучил верхнее течение реки Замбези, открыл водораздел между реками системы Замбези и Конго. С июня 1854 г. до мая 1856 г. он первым из исследователей пересек континент от порта Луанда на Атлантическом побережье до берегов Индийского океана, чтобы найти более удобный путь с западного побережья на восточное.

Самым замечательным событием этого путешествия было открытие гигантского водопада Виктория, где воды Замбези обрушиваются вниз с высоты более ста метров. В результате этого путешествия были в основном выяснены и нанесены на карту берега реки Замбези, изучены особенности рельефа Внутренней Африки и опровергнуто мнение о том, что значительная часть Внутренней Африки — пустыня, в песках которой теряются реки. В южной части материка Ливингстон также обнаружил огромные территории с плодороднейшей почвой, богатой растительностью и дичью.

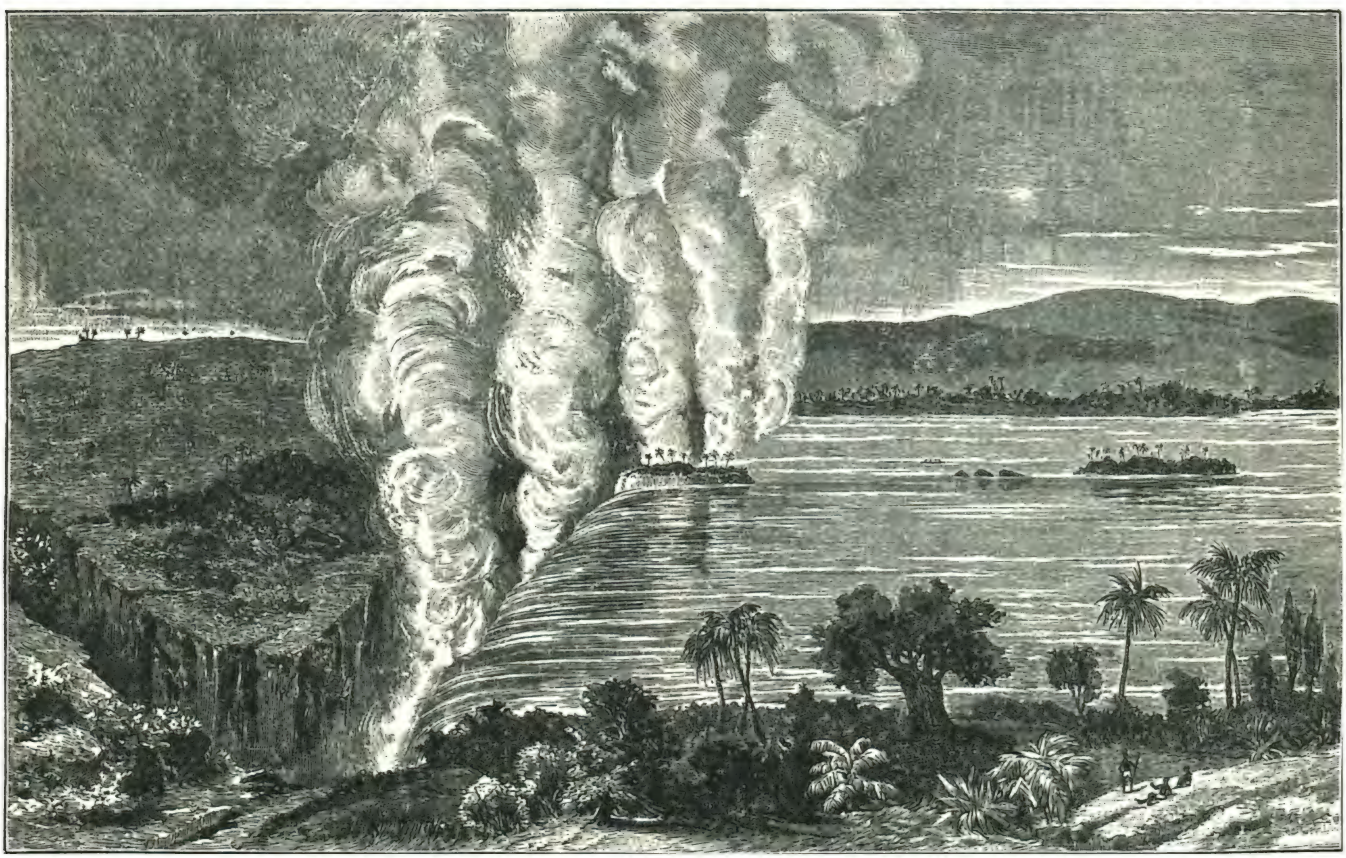
Открытия Ливингстона принесли ему славу в Англии. Он был назначен консулом области Замбези. Ошибочно полагая, что с проникновением британского капитала в Африку прекратятся межплеменные войны и торговля рабами, Давид Ливингстон своими открытиями невольно содействовал колонизации Африки.

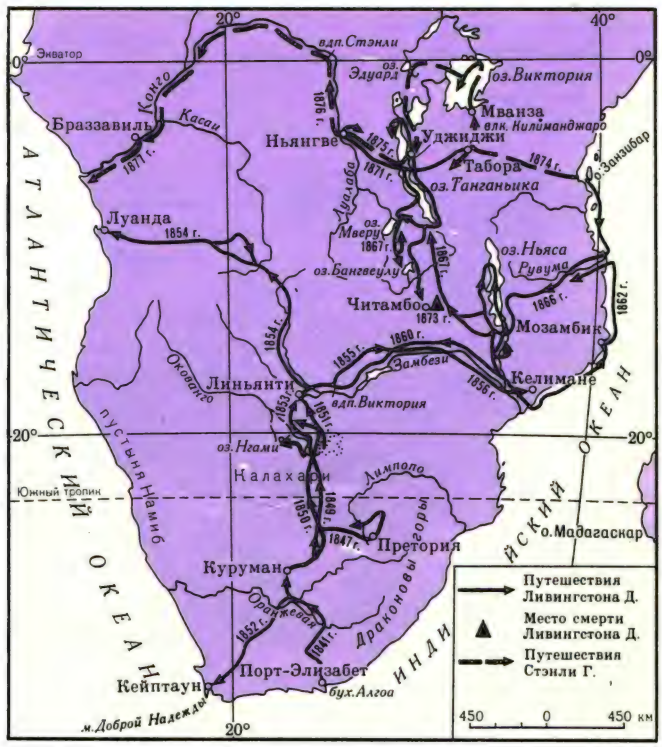
В 1858 г. Ливингстон вновь направился в Африку с заданием расширить сведения о ее природных ресурсах. Свое путешествие он начал с низовьев Замбези на небольшом речном пароходе, чтобы выяснить, не является ли Замбези удобным водным путем во внутренние районы Африки. Но пороги на Замбези заставили Ливингстона изменить свой путь и направиться по реке Ширва — притоку Замбези. Следуя по течению этой реки, он открыл озера Ширва и Ньяса.

В течение многих лет Ливингстон исследовал район Великих озер, откуда, по его предположениям, брал начало Нил. Он открыл большое озеро Мвера и реку Луалабу. Перед ним встал вопрос: река Луалаба — один из истоков Нила или начало Конго? Но из-за болезни Ливингстон был вынужден отложить свои исследования и остановиться для отдыха в селе Уджиджи на берегу озера Танганьика. Здесь его отыскал другой английский путешественник — журналист *Генри Стэнли*. В 1872 г. больной Ливингстон вместе со Стэ́нли обследовал северный угол Танганьики и убедился, что озеро не является истоком Нила, как предполагали ранее. Это было последнее путешествие Ливингстона. Отослав через Стэнли свои дневники, Ливингстон снова отправился к реке Луалабе и по дороге остановился в поселке Читамбо. Здесь 1 мая 1873 г. он умер. Посланный еще в 1872 г. с экспедицией в помощь Ливингстону английский военный моряк *Верни Ка́мерон* продолжил исследование озера Танганьика и реки Луалабы. Он установил окончательно, что Танганьика не связана с системой Нила, и предположил, что Луалаба относится к системе реки Конго. Генри Стэнли, принимавший участие в завоевательных походах английской армии в Африке, в 1874 г. отправился во главе объединенной англо-американской экспедиции на озеро Виктория. В дальнейшем он продолжил исследования Ливингстона и Камерона. Он, в частности, хотел окончательно разрешить вопрос об истоках Белого Нила, проследить все течение Конго. Стэнли определил размеры этого самого большого озера Африки и уточнил, что истинным началом Нила следует считать впадающую в озеро Виктория реку Кагера. Западнее озера Виктория Стэнли открыл озеро Эдуард, а также древний горный массив Руwензори с вершинами, покрытыми вечными снегами.

Ливингстон, преодолевая огромные трудности, изнуренный лихорадкой, едва пробирался по дебрям Центральной Африки.

Внизу — величайший водопад мира и Африки — Виктория. Впервые открыт и описан Ливингстоном.





Карта маршрутов путешествий Давида Ливингстона и Генри Стэнли.

Ему оставалось лишь решить задачу, над которой размышляли Ливингстон и Камерон, является ли река Луалаба еще одним истоком Нила или это начало Конго. Стэнли проследовал по всему течению реки Конго, чего не удалось сделать Ливингстону и Камерону, увидел неизвестную огромную территорию Внутренней Африки.

В последующее десятилетие в поисках новых источников сырья Англия направила экспедиции во многие районы Африки, а к концу XIX в. захватила в свои колониальные владения обширные пространства этого богатейшего материка.

Конец XIX и начало XX в. принесли народам Африки страшные бедствия. На их земле столкнулись интересы империалистических государств в борьбе за раздел земли, якобы не имевшей хозяев. Особенно разгорелась эта борьба с открытием в Южной Африке месторождений алмазов и золота.

Наряду с Англией, в 1882 г. оккупировавшей Египет, за колонии на африканском континенте боролись Франция, Италия, Бельгия, Германия и уже давно имевшие колонии на окраинах материка Португалия и Испания. Представители этих государств неоднократно собирались на совещания, чтобы договориться между собой о колониальных владениях и «сферах влияния», а также вместе с тем посылали в Африку отряды топографов для съемки территории и уточнения границ своих колоний, партии путешественников для исследований природы и ее богатств, а нередко и воинские части для расширения и охраны «своих владений». Случалось, что военные силы вступали между собой в боевые схватки.

К началу первой мировой войны почти весь континент был поделен на колонии крупных европейских держав. Каждая из них стремилась извлечь из захваченных земель как можно больше доходов путем эксплуатации местного населения, каждая проводила географические исследования и картографирование территории. Крупные изменения в колониальных владениях произошли в результате войны 1914—1918 гг. Например, Германия лишилась здесь всех своих колоний, а некоторые государства, как Англия, расширили их. Политическая карта материка сильно изменилась. Но и в новой обстановке в 20—30-х годах нашего века географические исследования продолжались, при этом особое внимание уделялось поискам природных ресурсов: полезных ископаемых, сельскохозяйственного сырья.

Новые условия исследований в Африке создались во время и после второй мировой войны, т. е. в 40—60-х годах нашего столетия, когда разгорелась упорная борьба народов Африки за независимость и начался распад колониальной системы. Народы Африки, получившие права самостоятельности и создавшие свои государства, стали сами прилагать усилия к географическому познанию своих государственных территорий. Многие из них пользуются помощью научных учреждений и ученых социалистических стран — СССР, Польши, Чехословакии и др.

Русские и советские исследователи Африки

Среди исследователей Африки видное место занимают экспедиции наших отечественных путешественников. В исследования Северо-Восточной и Центральной Африки внес большой вклад горный инженер *Егор Петрович Ковалевский*. В 1848 г. он исследовал Нубийскую пустыню, бассейн Голубого Нила, нанес на карту обширную территорию Восточного Судана и высказал первое предположение о местонахождении истоков Нила. Много внимания Ковалевский уделил изучению народов этой части Африки и их быта. Он с возмущением относился к «теории» расовой неполноценности африканского населения.

Путешествия *Василия Васильевича Юнкера* в 1875—1886 гг. обогатили географическую науку точным познанием восточной области Экваториальной Африки. Юнкер проводил исследования в области верхнего Нила: он составил первую карту района.

Путешественник побывал на реках Бахр-эль-Газаль и Уэле, исследовал сложную и запутанную систему рек ее обширного бассейна и четко определил спорную до того линию водораздела Нил — Конго на протяжении 1200 км. Юнкер составил ряд крупномасштабных карт этой территории и много внимания уделил описаниям флоры и фауны, а также быта местного населения.

Ряд лет (1881—1893) провел в Северной и Северо-Восточной Африке *Александр Васильевич Елисеев*, подробно охарактеризовавший природу и население Туниса, низовьев Нила и побережья Красного моря. В 1896—1898 гг. по Абиссинскому нагорью и в бассейне Голубого Нила путешествовали *Александр Ксаверьевич Булатович, Петр Викторович Щусьев, Леонид Константинович Артамонов*.

В советское время интересное и важное по результатам путешествие в Африку совершил знаменитый ученый — ботанико-географ академик *Николай Иванович Вавилов*. В 1926 г. он прибыл из Марселя в Алжир, ознакомился с природой крупного оазиса Бискра в Сахаре, горной области Кабилии и других районов Алжира, проехал по Марокко, Тунису, Египту, Сомали, Эфиопии и Эритрее. Вавилова интересовали древние очаги культурных растений. Особенно большие исследования он провел в Эфиопии, проехав по ней более 2 тыс. км. Здесь было собрано свыше 6 тыс. образцов культурных растений, в том числе 250 одних только разновидностей пшеницы, добыты интересные материалы о многих дикорастущих растениях.

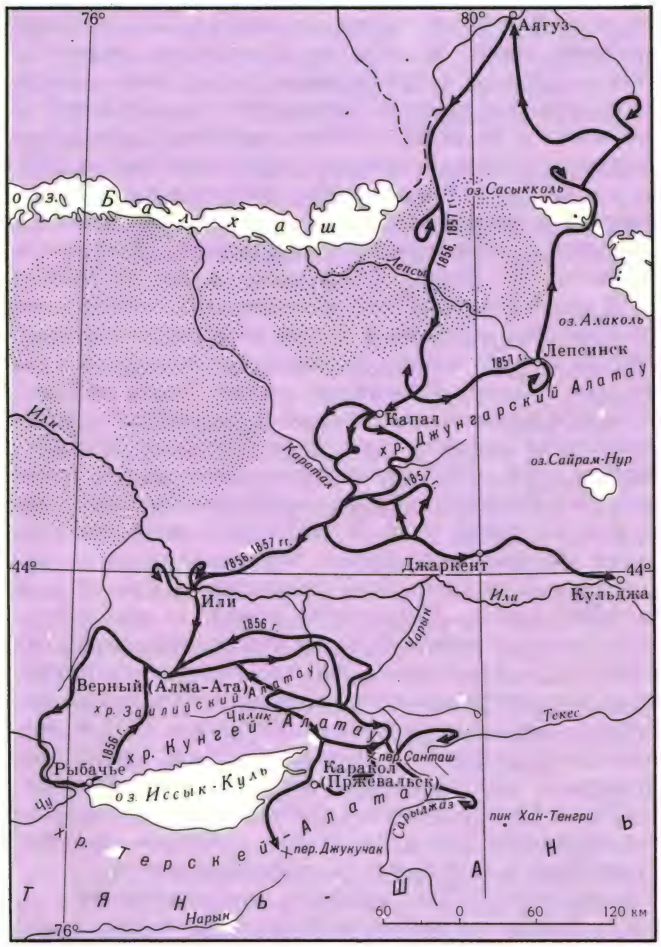
В 1968—1970 гг. в Центральной Африке, в районе Великих озер, геоморфологические, геолого-тектонические, геофизические исследования проводила экспедиция под руководством члена-корреспондента АН СССР профессора *Владимира Владимировича Белоусова*, уточнившая данные о тектонической структуре по линии великого африканского разлома. В некоторых местах эта экспедиция побывала впервые после Д. Ливингстона и В. В. Юнкера.

Евразия

По отношению к площади этого самого большого на Земле континента его окраины с древнейших времен наиболее заселены и поэтому лучше известны. Это европейский выступ континента на западе, Малая Азия и Месопотамия на юго-западе, Индия на юге, Индокитай на юго-востоке и Японские острова на востоке. Наименее географически известными и изученными вплоть до начала XIX в. были крайний север Азии и ее внутренние пространства — Средняя и Центральная Азия. Здесь можно было ожидать важных географических открытий, в эти места и были направлены основные усилия географов и путешественников. При этом наибольший вклад на протяжении целого столетия в географические исследования был внесен русскими путешественниками. Экспедиции *Фердинанда Петровича Врангеля* и *Петра Федоровича Анжу* в 1820—1824 гг. обследовали и нанесли на карту крайне плохо известное северное и северо-восточное побережья Сибири от реки Оленек до Колючинской губы, а также ряд островов Ледовитого океана. Были собраны обильные сведения о природных богатствах и населении этих районов. *Александр Федорович Миддендорф* в 1842—1845 гг. возглавил экспедицию в Северную и Восточную Сибирь, на берега Охотского моря и в Амурский край. В результате появилось описание юго-западного берега Охотского моря и первые точные геологические материалы о Приморье и бассейне Амура. Миддендорф открыл и описал возвышенности в западной части Северо-Сибирской низменности и был первым, кто определил южную границу распространения вечной мерзлоты в Восточной Сибири. *Петр Александрович Чихачёв* в 1842 г., путешествуя по Алтаю и Западному Саяну, дал геологическое и географическое описание этих областей. *Григорий Силыч Карелин* в 1840—1842 гг. исследовал казахские степи до границ с Китаем, посетил Туркмению и пограничную с Ираком полосу.

В середине XIX в. интересы экономического развития России потребовали более тщательного и систематического изучения природных условий страны. Среди передовых представителей русской науки и культуры возникла идея о необходимости создания Русского географического общества, которое направляло бы усилия исследователей на решение наиболее важных географических задач. Такое общество было основано в Петербурге в 1845 г. Выдающееся место в деятельности Географического общества занимали работы по изучению Азии. По его инициативе был организован ряд научных экспедиций в Сибирь, на Дальний Восток, в Среднюю и Центральную Азию. В результате были сделаны многочисленные открытия, собран ценный материал по географии, геологии, ботанике, зоологии, этнографии.

В исследовании Восточной Сибири в 60-х годах XIX в. больших успехов добился путешественник и выдающийся ученый географ и геолог *Петр Алексеевич Кропоткин*. Путешествуя в 1864 г. по малоизученным районам Северной Маньчжурии, он открыл



Карта маршрутов путешествий П. П. Семенова-Тян-Шанского.

группу древних вулканов в хребте Ильхури-Алинь. На Амуре, Сунгари и в горах Большого Хингана Кропоткин был первым исследователем «белых пятен» на картах того времени. Он же исследовал Восточный Саян, а в 1866 г. возглавил Олекминско-Витимскую экспедицию. Во время этой экспедиции он исследовал Патомское нагорье по реке Большой Патом, впадающей в Лену, а в бассейне реки Олекмы обнаружил ледниковые отложения. На основании своего открытия и после исследований в Карелии и Финляндии Кропоткин научно доказал существование древнего оледенения севера Евразии и обосновал гипотезу о ледниковом периоде в жизни Земли. Кропоткин впервые проложил путь на юг от Витимских и Олекминских приисков к Чите. На этом пути он открыл ряд хребтов, один из которых и сейчас носит его имя.

Начало многочисленным экспедициям в Среднюю и Центральную Азию положил *Петр Петрович Семенов-Тян-Шанский*. В 1856 г. Семенов путешествовал по западным склонам Алтая и исследовал долины и ущелья Джунгарского Алатау. Со своим отрядом он прошел по северному склону Заилийского Алатау до реки Шарын (приток Или), пересек отроги Кунгей-Алатау и вышел к восточному побережью озера Иссык-Куль. Отсюда он увидел величественный Тянь-Шань. Исследуя западные берега Иссык-Куля, ученый установил, что река Чу берет начало не из озера, как считали раньше, а со склонов Терской-Алатау. Летом 1857 г. Семенов проник в глубь Тянь-Шанских гор — к их главному хребту с пиком Хан-Тенгри. На северном склоне хребта он обнаружил обширные ледники, из которых берет начало река Сыръджаз. Один из ледников впоследствии был назван его именем. Семенов дал характеристику рельефа Тянь-Шаня, определил направление и высоту хребтов и доказал, что эти хребты не вулканического происхождения. Он впервые установил вертикальную поясность климата, растительности, почв и высоту снеговой границы хребтов Тянь-Шаня. Кроме того, собрал богатые коллекции горных пород, растений и дал описание природы и населения Тянь-Шаня.

За заслуги в изучении Тянь-Шаня в 1906 г. к фамилии ученого Семенова добавили «Тян-Шанский».

Результаты исследований Семенова-Тян-Шанского значительно дополнил выдающийся зоолог и географ *Николай Алексеевич Северцов*. Начиная с 1857 г. он несколько лет провел в Средней Азии, посетил Тянь-Шань и Памир. В 1867 г. он проник в Центральный Тянь-Шань, где исследовал окрестности озера Иссык-Куль, дошел до хребта Кокшаал-Тау. Северцов был первым европейским исследователем, посетившим эти места. Он составил схему строения рельефа, из которой видно, что западный Тянь-Шань — сложная система плоскогорий и отдельных коротких хребтов. Это опровергало теорию Гумбольдта, будто Тянь-Шань состоит из длинных непрерывных хребтов.

Мировую славу русской географической науке принес *Николай Михайлович Пржевальский*. Окончив в Петербурге Академию Генерального штаба, он преподавал географию и историю в Варшавском военном училище. Еще в академии Пржевальский интересовался географией, внимательно изучал «Центральную Азию» Гумбольдта и «Землеведение Азии» Риттера, читал отчеты путешественников.

В 1867—1868 гг. Пржевальский блестяще провел исследования Дальнего Востока и написал об этом книгу «Путешествия по Уссурийскому краю».

После этого Пржевальский совершил четыре путешествия в Центральную Азию: первое — Монголь-

Николай Михайлович Пржевальский — исследователь внутренних районов Центральной Азии.

ское (1870—1873), второе — Лобнорское и Джунгарское (1876—1877) и два Тибетских (1879—1880 и 1883—1885). Он провел в горах и пустынях Центральной Азии около 8 лет. За это время им было пройдено около 32 тыс. км и обследована территория, по площади равная Австралии.

Пржевальский впервые нанес на карту Центральной Азии более 20 хребтов и ряд крупных и мелких озер и рек, а сведения об уже известных расширил и пополнил новыми данными. Он дал правильное представление о неизвестном до этого пространстве Тибета и грандиозной по своим размерам горной области Куньлуня. Он исследовал и описал центральноазиатские пустыни и указал, что пустыня Гоби представляет собой впадину, а не поднятие, как предполагали раньше, что Джунгарская пустыня пересечена невысокими горными цепями, а Хамийская — имеет холмистый рельеф. Первым из европейцев Пржевальский достиг верховьев китайских рек Янцзы и Хуанхэ и определил водораздел между обеими великими речными системами. Важным научным открытием было изучение бассейна озера Лобнор, до тех пор остававшегося неизведанным. Путешественник исследовал и описал самую крупную бессточную реку Центральной Азии — Тарим.

Огромное значение для науки имели собранные Пржевальским многочисленные ботанические и зоологические коллекции, в которых оказалось много неизвестных ученым видов. Не меньшую ценность представляли собранные образцы горных пород, сведения по этнографии, а данные по метеорологии позволили судить о климате Центральной Азии.

В знак признания больших заслуг Пржевальского в его честь была выбита золотая медаль с надписью: «Первому исследователю природы Центральной Азии».

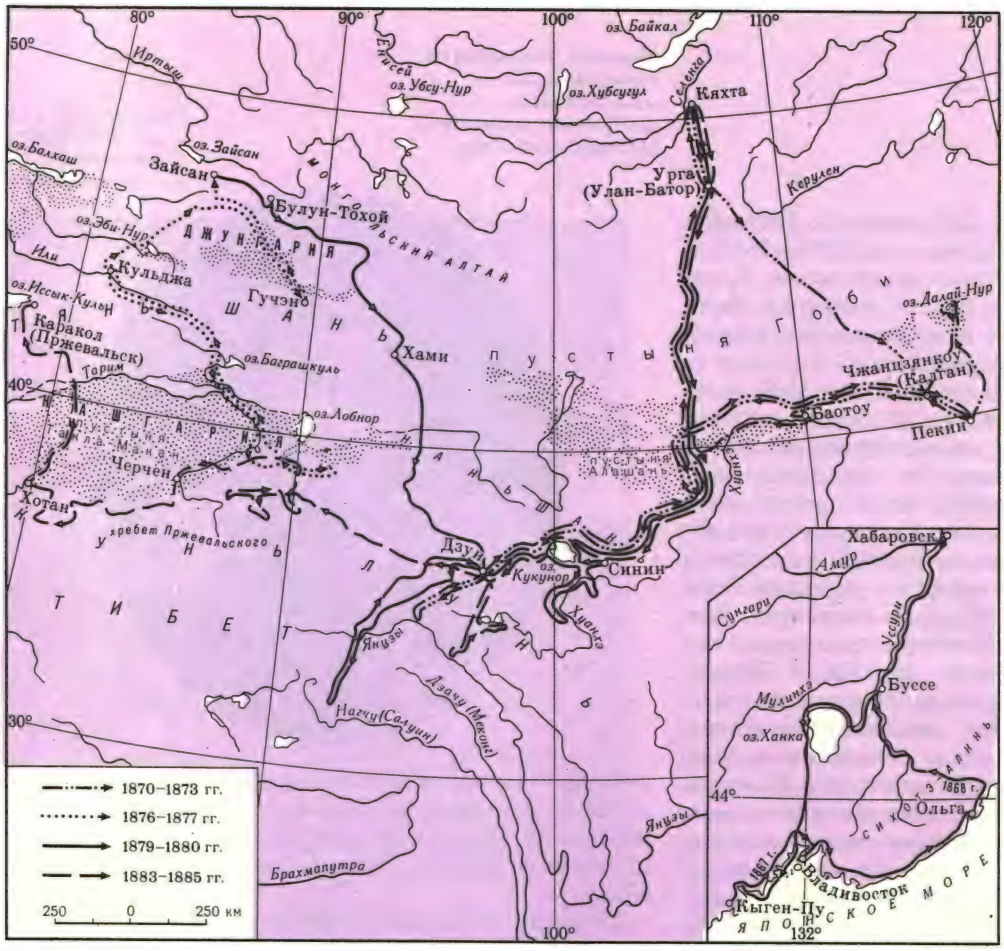
В октябре 1888 г. Пржевальский организовал новую экспедицию в Тибет. Вместе со своими помощниками П. К. Козловым и В. И. Роборовским он дошел до поселка Каракола (ныне г. Пржевальск), но заболел и вскоре скончался.

Одним из последователей Пржевальского был *Григорий Николаевич Потанин*. В 1876—1899 гг. он совершил пять больших путешествий по Монголии, Джунгарии, Большому Хингану и Восточному Тибету. Его маршруты проходили в основном по местам, ранее европейцам неизвестным. Потанин дал много новых сведений по географии и геологии, собрал огромную коллекцию растений и животных. Очень ценными оказались собранные им материалы по этнографии различных народов Центральной Азии, об их быте, нравах, культуре и хозяйственной деятельности. В сборе материала ему оказала неоценимую помощь его жена Александра Викторовна, принимавшая участие в экспедициях. Она была первой женщиной, которая за свои научные труды удостоена золотой медали Русского географического общества.

Участник четвертой экспедиции Потанина *Владимир Афанасьевич Обручев*, получив самостоятельное задание, в 1893—1894 гг. исследовал горную страну Наньшань в Западном Китае, открыл несколько крупных горных хребтов. Он побывал также в Центральном Китае, а позже подробно исследовал «великие ворота» Азиатского материка — Джунгарию. Центральная Азия, как установил В. А. Обручев, очень древняя горная страна, выровненная процессами выветривания и сноса. До путешествия в Китай и после Обручев глубоко изучал геологию Восточной Сибири, особенно Прибайкалья и Забайкалья. Это «древнее темя» Азии, с кембрия не заливавшееся морями, и, по мысли Обручева, решающая роль в формировании рельефа здесь принадлежала разломам и поднятиям — неотектоническим движениям.

Одновременно с Потаниным начал свои исследования в Центральной Азии *Михаил Васильевич Певцов*. В 1876 г. он обследовал часть Джунгарии между Булун-Тохоем и Гучэном, а в 1878—1879 гг. прошел по неизвестным районам Монголии и Гоби. Между Хангаем и Монгольским Алтаем он открыл бессточную впадину, где обнаружил много больших и малых озер. Он назвал эту впадину Долиной озер.

В 1889—1890 гг. Певцов возглавил экспедицию, которую должен был вести в отдаленные районы Тибета Пржевальский. Экспедиция Певцова обследова-



Карта маршрутов Н. М. Пржевальского по Центральной Азии и Уссурийскому краю. Маршруты Пржевальского верхом и пешком составили около 32 тыс. км.

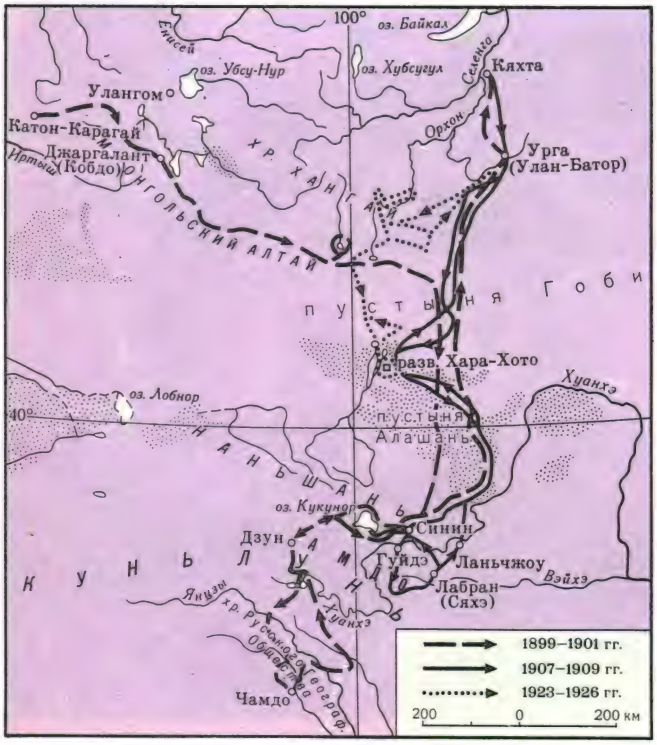
ла обширную область, примыкающую к Куньлуню, установила границы и размеры пустыни Такла-Макан, исследовала горную систему Куньлуня от 76° до 90° в. д. и составила схематическую карту всего Куньлуня. Участники экспедиции открыли высокогорное плато северо-западного Тибета, ряд неизвестных ранее хребтов, рек, озер, посетили Турфанскую впадину, дно которой расположено на 154 м ниже уровня океана. Открыл эту впадину *Григорий Ефимович Грум-Гржимайло*, который проник к ней со своей экспедицией несколько раньше Певцова, но с другой стороны. Как выяснилось, эта впадина представляет собой величайшую бессточную котловину Центральной Азии.

В 1893—1895 гг. самостоятельную экспедицию совершил участник третьего и четвертого путешествий Пржевальского *Всеволод Иванович Роборовский*. Вместе со своим помощником П. К. Козловым он прошел по пустыням, горам Восточного Тянь-Шаня, Нань-Шаня и Северного Тибета около 17 тыс. км. Его экспедиция собрала ценные географические, биологические и другие сведения.

В 1899—1901 гг. ученик Пржевальского *Петр Кузьмич Козлов* возглавил Монголо-Тибетскую экспедицию. Он завершил исследование Монгольского Алтая, пересек пустыни Гоби и Алашань, посетил в Тибетском нагорье страну Кам, расположенную в верховьях Янцзы и Меконга, и открыл здесь четыре горных хребта. Один из этих хребтов получил название Русского географического общества. Об этой экспедиции Козлов рассказал в двухтомном труде «Монголия и Кам».

Две другие экспедиции (1907—1909 и 1923—1926) Козлова более известны археологическими открытиями. Особенно интересна первая Монголо-Сычуанская экспедиция, во время которой на севере пустыни Алашань он нашел развалины погребенного в песках города Хара-Хото, столицы средневекового Тангутского царства Си-Ся (XIII в. н. э.). При раскопках найдены библиотека (2 тыс. книг) на тангутском языке и более 300 образцов тангутской живописи на шелке, бумаге и холсте. Находки помогли раскрыть тайны истории народов, населявших Центральную Азию в XI—XIII вв. Экспедиция дала и значительные географические результаты. Было завершено открытие большой пустынной территории между рекой Эдзин-Гол, Средней Хуанхэ и западной полосой Ордоса. Установлено, что Эдзин-Гол такая же блуждающая река, как Тарим, и уточнено описание хребта Алашань. Впервые была исследована высокогорная страна Амдо (34—36° с. ш. и 100—102° в. д.).

Карта маршрутов путешествий П. К. Козлова.



Таким образом, благодаря многочисленным русским экспедициям в Центральную Азию были последовательно разрешены важнейшие географические проблемы и в значительной мере изучена ее природа.

Исследования и открытия на территории Советского Союза

Несмотря на огромный вклад русских исследователей в изучение нашей Родины в дореволюционный период, все же многие районы к востоку от Енисея, северные и восточные окраины нашей страны, южный пояс гор от Кавказа до Сихотэ-Алиня были изучены слабо.

В апреле 1918 г. В. И. Ленин в знаменитом «Наброске плана научно-технических работ» поставил перед советскими учеными, и в частности географами, грандиозные задачи по планомерному изучению природы нашей страны и участию в разработке правильного размещения хозяйства. Он указывал на необходимость комплексного использования природных богатств. Академия наук СССР стала одним из крупнейших центров по организации географических исследований. Эти исследования проводились комплексным методом: большие академические экспедиции включали отряды различных специалистов — геологов, геоморфологов, почвоведов, ботаников, экономико-географов и др.

С 1920 г. под руководством *Александра Евгеньевича Ферсмана* началось исследование Кольского полуострова. Были обнаружены богатейшие месторождения апатитов и нефелинов, изучен рельеф полуострова и его геологическое строение. В эти же годы комплексные исследования велись в бассейне Печоры. Здесь были открыты угольные и нефтяные месторождения, изучены почвы, растительность, воды Большеземельской и Малоземельской тундр, Северного и Полярного Предуралья. В 1923—1927 гг. экспедиции под руководством *Бориса Николаевича Городкова* исследовали север Западной Сибири, Полярный Урал и составили первые точные карты территории от Урала до Енисея. Исследователи изучили природу тундры и лесотундры, сделали важные открытия на севере Урала: нашли наивысшую точку Уральского хребта — гору Нáродную (1894 м), несколько самостоятельных горных кряжей и неизвестных прежде вершин, а также горные ледники (до этого ученые считали, что оледенения на Урале нет).

Но особенно важные географические открытия были сделаны на северо-востоке нашей страны, в огромной малонаселенной области между Леной и Беринговым проливом. Замечательный результат дали исследования экспедиции во главе с *Сергеем Владимировичем Обручевым*. В 1926 г., изучая Индигиро-Колымский край, экспедиция открыла здесь горную систему и назвала ее хребтом Черского в честь отважного исследователя края, путешествовавшего в этих местах в 1891—1892 гг.

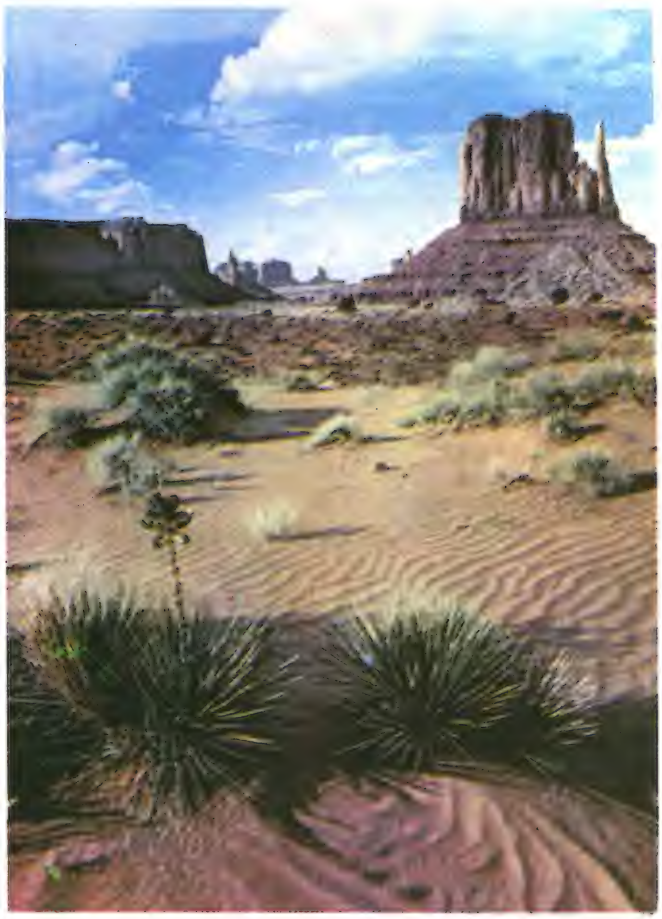
В результате аэрофотосъемки и наземных исследований во многом были изменены прежние представления о природе суровой Чукотки и прилегающей к ней части материка на площади около 400 тыс. км^2.

В 1941 г. на Камчатке открыто более 20 действующих гейзеров — четвертый крупный гейзерный очаг на Земле (первые три: Исландия, Новая Зеландия, Йеллоустонский национальный парк в США). На карту полуострова были нанесены новые хребты — Восточный и Камчен с ледниками.

На Дальнем Востоке большие исследования провел *Владимир Клавдиевич Арсеньев*. Свои путешествия по Приморью он начал еще в дореволюционные годы, но самые крупные исследовательские ра-

Скалистые горы к началу XIX в. оставались «белым пятном» на карте Северной Америки.

Пустыня в Калифорнии (Мексика). В 1848 г. американский путешественник Д. Фримонт обнаружил в Калифорнийской долине золотые россыпи.



боты Арсеньев выполнил после Великой Октябрьской социалистической революции. Он внес большой вклад в изучение Уссурийского края и Сихотэ-Алиня, где открыл ряд перевалов и вершин. Он заснял на карту многие районы Дальнего Востока, собрал ценные материалы о быте местных народностей, большие зоологические коллекции и гербарий. На основании собранного материала Арсеньев написал увлекательные, известные каждому школьнику книги под названием «Дерсу Узала», «По Уссурийскому краю», «Сквозь тайгу», «В горах Сихотэ-Алиня».

Значительно изменилась карта Средней Азии. Западная часть Памира до конца 20-х годов была неизвестна. В 1926 г. экспедиция *Николая Леопольдовича Корженевского* открыла здесь огромный хребет, названный именем Академии наук. А в результате работ Памирских комплексных экспедиций Академии наук (1928 и 1931—1933) под руководством *Николая Петровича Горбунова* этот хребет и прилегающие к нему районы были основательно обследованы и впервые нанесены на карту. В средней части хребта Академии наук исследователи открыли и самую высокую точку нашей страны — пик Коммунизма (7495 м). Впервые ее достиг в 1933 г. знаменитый советский альпинист *Евгений Михайлович Абалаков*.

В 1928 г. Памирская экспедиция исследовала также среднюю и верхнюю часть ледника Федченко, известного до того лишь в своей нижней части, и установила, что его длина более 70 км и принадлежит он к крупнейшим ледникам мира.

В результате новых топографических съемок и исследований выяснились действительные размеры оледенения Памира. По каталогу 1930 г. на Памире насчитывалось 278 ледников, теперь их известно более 1000, а исследованная площадь оледенения на Памире в пределах СССР составила 8041 км^2, почти 11% поверхности этого нагорья. Памирские ледники содержат в себе объем воды, равный объему Аральского моря.

В эти же годы большая исследовательская работа проводилась и в другой крупнейшей высокогорной области Средней Азии — Тянь-Шане. Здесь, как и на Памире, с первых лет Советской власти большой вклад в создание карт высокогорных районов внесли альпинисты. Одним из самых значительных высокогорных восхождений этого времени было достижение в 1931 г. вершины Хан-Тенгри. Ее покорили участники экспедиции во главе с украинским альпинистом *Михаилом Тимофеевичем Погребецким*. В 1943 г. альпинисты открыли одну из высочайших вершин Тянь-Шаня — пик Победы (7439 м).

Глазам исследователей Америки предстал необычный по своей красоте и разнообразию животный мир.

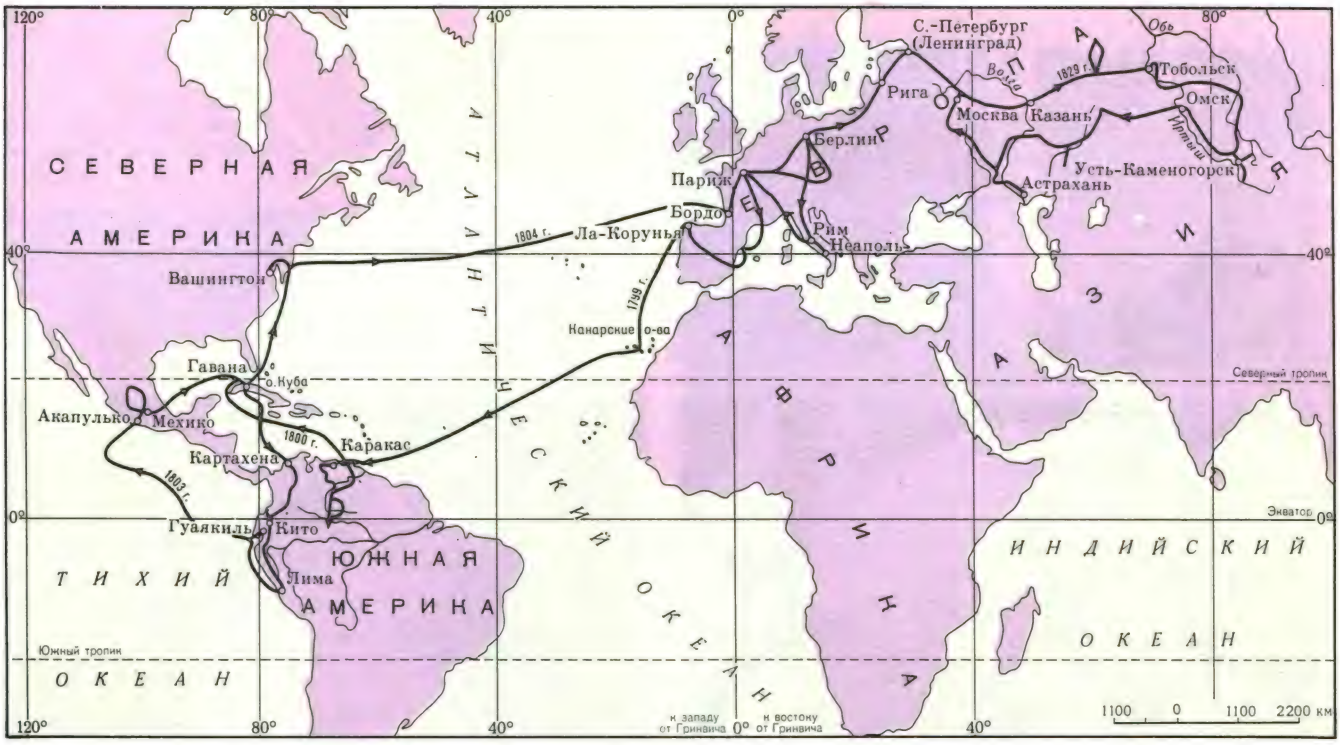
Размах научно-исследовательской работы в советское время настолько велик, что невозможно перечислить все экспедиции, осуществленные АН СССР. Наряду с ними по всей стране создавалась сеть научных станций и государственных заповедников для постоянных многолетних наблюдений за явлениями и процессами в природе. К началу Международного геофизического года много таких стационаров было организовано на севере страны, на морских побережьях и в горах.

Америка

К началу XIX в. в Северной Америке малоизученными оставались крайний север и горные области вдоль Тихоокеанского побережья, называвшиеся Дальним Западом. В 1805 г. экспедиция во главе с *Мэриуотером Льюсом* и *Уильямом Кларком* отправилась из Вашингтона с целью исследовать реку Миссури до ее верховьев, пересечь Скалистые горы и отыскать водный путь к Тихому океану. После двух зимовий путешественники достигли истоков Миссури, затем по реке Снейк, притоку Колумбии, и самой реке Колумбии добрались в 1807 г. до Тихого океана, благополучно миновав хребты Скалистых гор. Большую помощь экспедиции оказала индианка Сакаджавеа, которая была проводником отряда на большей части его пути.

В 1842—1844 гг. исследование Дальнего Запада продолжал американский путешественник, военный топограф *Джон Чарлз Фримонт*. Его экспедиция изучила особенности рельефа между рекой Миссури и подножием Скалистых гор (Плато прерий).

Пересекая во всех направлениях Дальний Запад, Фримонт завершил открытие речной сети и горных хребтов этого района. Он прошел на юг, вдоль Тихоокеанского склона Каскадных гор, пересек и описал Большой бассейн — огромное полупустынное нагорье внутри материка. Третья экспедиция Фримонта совпала с американо-мексиканской войной 1846 г. и носила характер вторжения на территорию, принадлежавшую Мексике (Верхняя Калифорния и Калифорнийская долина). В 1848 г. Фримонт обнаружил в Калифорнийской долине золотые россыпи, после чего началось массовое переселение туда золотоискателей с востока Америки и из Европы. Таким образом, экспедиции Фримонта привели к за-



воеванию значительной части территории Мексики и включению ее в США.

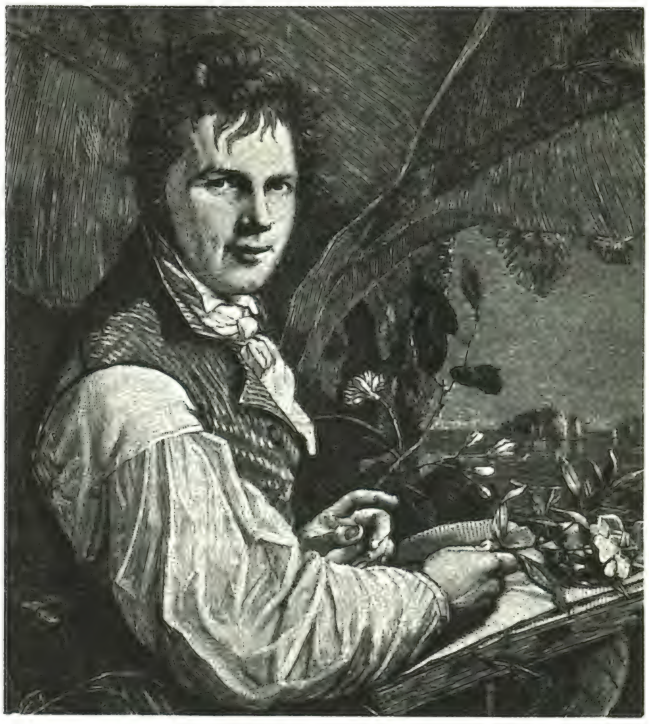
До половины XIX в. неисследованными оставались огромные пространства северо-западной части материка, Аляски, внутренние районы Канады. До того как царское правительство России продало Аляску (1867), на ее территории успешно проводили исследования русские моряки, находившиеся на службе Российско-американской компании. Они изучали горы, реки, озера и полезные ископаемые, собирали этнографические сведения и составляли карты обследованных районов. Особенно ценные сведения об Аляске собрал в 1842—1844 гг. *Лаврентий Алексеевич Загоскин*. Он исследовал на всем протяжении бассейны рек Юкона и Кускоквима. Обследуя бассейн Юкона, Загоскин обнаружил, что отсюда к берегам залива Коцебу в Чукотском море идет один из торговых путей, по которым юконские индейцы доставляют пушнину английским и американским контрабандистам. Свои путешествия по Аляске Загоскин описал в книге «Пешеходная опись части русских владений в Америке». В ней путешественник дал первое развернутое географическое описание внутренних частей Аляски. И все же большие пространства ее, главным образом у северной границы Канады, оставались неизвестными. Они были исследованы американцами в связи с открытием в 1896 г. месторождения золота на реке Клондайк и притоках Юкона. С этого времени начались геологические исследования Аляски, особенно бассейна Юкона. В верховьях реки Суситны, притока Юкона, был открыт самый высокий участок Аляскинского хребта — гора Мак-Кинли. Оказалось, что она является высшей точкой всей Северной Америки — 6194 м.

В центральной и северо-восточной Канаде, в районе озера Атабаска и к востоку от него до самого Гудзонова залива, там, где еще были территории, не посещавшиеся европейцами, в конце прошлого века большие маршруты сделали экспедиции геологов братьев *Джозефа* и *Джемса Тирреллов*. Частью отдельно, а частью совместно они прошли по рекам, озерам и сухопутью почти 6000 км (из них около 400 км — на индейских челнах).

Интересную и сложную историю открытий и исследований имеют островная Американская Арктика и Гренландия. Отметим лишь, что открытие и исследование многочисленных островов Канадского архипелага было связано с изысканием Северо-Западного морского пути из Атлантического в Тихий океан, впервые пройденного *Руалом Амундсеном* на маленьком судне «Иоа» лишь в 1903—1906 гг. Юг Гренландии вторично после норманнов европейцы начали колонизовать в начале XVIII в. Север и внутренние области покрывающего остров ледяного щита исследуются с половины XIX в. Впервые ледяной купол Южной Гренландии пересечен на нартах и лыжах в 1888 г. *Фритьофом Нансеном* и *Отто Свердрупом* с четырьмя их спутниками. На севере Гренландии с 1886 по 1899 г. несколько походов совершил *Роберт Пири*. Большой вклад в изучение Гренландии сделал датский путешественник *Кнуд Расмуссен*. Его экспедиции, связанные главным образом с исследованием жизни гренландских эскимосов, продолжались в течение 30 лет — с 1902 по 1932 г. К 20-м годам нашего столетия в Гренландии рабо-

Карта маршрутов путешествий Гумбольдта.

Александр Гумбольдт — выдающийся немецкий географ, естествоиспытатель и путешественник.



тало до 50 экспедиций разных стран, главным образом датских, а также американских и французских. В 1949—1951 гг. участники второй французской экспедиции под начальством *Поля Виктора* трижды пересекли Гренландию, а одна группа зимовала в центре острова на ледяном щите, мощность которого местами достигает 3000 м.

Центральная и Южная Америка

Существенный вклад в изучение Центральной и Южной Америки внес известный немецкий ученый *Александр Гумбольдт*. В 1799 г. Гумбольдт и его спутник *Эме Бонплан* высадились в городе Кумана на северо-восточном берегу Южной Америки. Исследователи предполагали подняться вверх по реке Ориноко в глубь материка, чтобы узнать, соединяется ли Ориноко с Амазонкой. Исследуя приток Ориноко — реку Касикьяре, путешественники обнаружили, что она впадает в Рио-Негро, приток Амазонки. Заслуга Гумбольдта в том, что он дал научное описание интересного явления, которое называется бифуркацией реки, ее раздвоением. В результате этого путешествия была создана карта района Ориноко и Рио-Негро, что имело не только научное, но и экономическое значение. Гумбольдта и Бонплана поразило богатство и разнообразие тропической растительности. Гербарий, собранный учеными, состоял из 12 тыс. растений. В 1801 г. Бонплан и Гумбольдт исследовали западную часть материка, Экваториальные Анды, вулканы, растительные пояса на горных склонах. Они поднялись на вулкан Чимборасо, который считался тогда высочайшей точкой земного шара, и хотя не достигли его вершины (6272 м), но побили рекорд восхождения для того времени — 5881 м.

Целью путешествий Гумбольдта было изучение природы и населения. Он старался понять природу Земли как единое целое, управляемое общими законами. Чтобы выявить географические закономерности природы, он первый начал использовать сравнительный метод в географии. Сопоставляя различные явления природы, он отыскивал между ними сложные взаимосвязи. Он впервые заметил, что растительный покров закономерно изменяется на поверхности земного шара, и создал новый раздел географической науки — *географию растений*. Гумбольдт открыл в Тихом океане течение, носящее теперь его имя. Он внес большой вклад в такие отрасли науки, как вулканология и учение о земном магнетизме, климатология. Исследуя рельеф земного шара, Гумбольдт предложил метод вычисления средней высоты горных систем и материков в целом. На основе своих определений высот он впервые начертил профиль поверхности Анд и Мексиканского нагорья. Впоследствии его методы средних высот и профилей стали широко применяться в географии. В 1803—1804 гг. Гумбольдт и Бонплан изучали географию, историю и современную им жизнь Мексики. Правительство Мексики до того времени не допускало в свою страну иностранных исследователей, поэтому работы Гумбольдта о Мексике имели для европейцев ценность научного открытия.

В 1817—1820 гг. Амазонку и Бразильское нагорье изучали немецкие естествоиспытатели ботаник *Карл Мартиус* и зоолог *Иоганн Спикс*. Они были первыми специалистами, изучавшими и растительный и животный мир Амазонской низменности.

Существенный вклад в исследование Бразилии внесла русская экспедиция академика *Григория Ивановича Лангсдорфа*. В 1821—1828 гг. она изучала Бразильское нагорье, правые притоки Амазонки и проникла в такие области, куда не ступала нога европейца. Участники экспедиции привезли на родину большой материал по географии, флоре, фауне и этнографии и коллекцию живых растений для ботанического сада. Григорий Иванович Лангсдорф подробно описал занятия и обычаи многих индейских племен.

Французская экспедиция 1843—1847 гг. под руководством *Франса Кастельно* исследовала большие территории Южной Америки. Из Рио-де-Жанейро

участники экспедиции прошли по Бразильскому нагорью на запад, исследовав плато Мату-Гросу, где Кастельно установил истоки реки Парагвай. Затем они пересекли область Гран-Чако в центральной части материка. В Боливии Кастельно исследовал пустынную Центрально-Андийскую Пуну, побывал на озерах Поопо и Титикака. После этого экспедиция перевалила Перуанские Анды и достигла города Лимы на берегу Тихого океана. Обратно к восточному побережью материка Кастельно прошел по Амазонке. Экспедиция дважды пересекла материк. К сожалению, часть астрономических и метеорологических наблюдений была утеряна, но все же результаты исследований составили шесть томов.

Больше 10 лет (1848—1859) провел в бассейне Амазонки английский исследователь *Генри Бейтс*. Своими многолетними исследованиями он значительно расширил объем научных знаний о животном мире Амазонки. Бейтс собрал около 14 тыс. видов насекомых, в том числе 8 тыс. видов, ранее неизвестных науке. Очень ценным оказался также собранный им материал по этнографии, растительному миру и геологическому строению Амазонской низменности. Бейтс обнаружил, что океанские приливы поднимают воду в Амазонке примерно на протяжении тысячи километров от устья реки.

Наряду с изучением бассейна Амазонки и Бразильского плато исследовались горные области республик Колумбии, Эквадора, Перу и Боливии. Особенно интересны исследования французского географа, участника Парижской коммуны *Элизе Реклю*. В 1855—1857 гг. Реклю путешествовал по Колумбии, Гвиане и горным областям Анд. В Андах Реклю некоторое время жил среди горных индейских племен. Он искренне полюбил индейцев и находил у них много достоинств. Огромный географический и исторический материал, собранный за время пребывания в Америке, Реклю обобщил в своем знаменитом девятнадцатитомном сочинении «Всеобщая география» в разделе «Земля и люди».

Первыми исследователями Патагонии и берегов Чили были англичане. В 1826—1830 гг. английские военные корабли «Адвенчер» и «Бигль» под командованием *Филиппа Кинга* и *Роберта Фиц-Роя* изучали побережье Патагонии. Экспедиция установила, что Огненная Земля не единый остров, а архипелаг. Вторая экспедиция на корабле «Бигль» (1831—1836) под командованием Фиц-Роя сыграла еще бóльшую роль в изучении Патагонии и Огненной Земли благодаря участию в ней *Чарлза Дарвина*.

К началу 70-х годов нашего века на карте Южной Америки было заполнено много «белых пятен», но далеко не все. Много их еще оставалось в горном поясе Анд и на равнинах и плоскогорьях (Гвианское, Бразильское), где еще далеко не точно были известны речная сеть и междуречья.

Австралия

В самом начале XIX в. английская экспедиция *Мэтью Флиндерса* и французская экспедиция, возглавляемая *Никола Боденом*, подробно исследовали южное побережье Австралии. Флиндерс в 1802—1803 гг. совершил плавание вокруг материка Новая Голландия, как тогда называли Австралию. Было доказано, что Новая Голландия — это самостоятельный материк. В 1814 г. Флиндерс в своей книге «Путешествие в Терра Аустралиа» предложил переименовать Новую Голландию в Австралию, и с тех пор этот материк так и стал называться.

Первое английское поселение в Австралии, там, где ныне город Сидней, было основано в 1788 г. как каторжная колония. С того времени началось заселение Австралии английскими и ирландскими эмигрантами, которых привлекли благоприятные условия для развития скотоводства. Одновременно с заселением материка шло и его географическое изучение. В первой половине XIX в. исследовались в основном прибрежные территории. Внутренние же области материка оставались совершенно неизвестными. Но увеличение численности населения и развитие скотоводства вызывало необходимость изучать и осваивать внутренние территории материка. Освоение областей к западу от Австралийских Кордильер началось с 1813 г., когда несколько колонистов в поисках новых пастбищ пересекли Голубые горы западнее Сиднея. Перед ними открылись обширные зеленые равнины в бассейнах рек Муррей и Дарлинг. Наличие пастбищ привлекло сюда ряд экспедиций, которые обследовали берега этих рек и область Австралийских Альп на юго-востоке материка. В 1838 г. к западу от устья Муррея был основан город Аделаида. Он стал отправной базой для исследований внутренних областей Австралии с юга. Отсюда в 1839 г. экспедиция овцеводов, возглавляемая *Эдуардом Джоном Эйром*, в поисках новых пастбищ сделала попытку проникнуть в глубь материка.

Безводье, зной, исключительная сухость воздуха, неравномерное выпадение осадков на континенте создавали тяжелейшие условия для путешественников. В летнюю засуху австралийские озера превращаются в соленые болота, реки мелеют. Продвигаясь на

север, Эйр открыл хребет Флиндерс, соленые озера, названные Торренс и Эйр, но дальше пройти не смог. Тогда он решил обследовать южное побережье Австралии. В 1840—1841 гг. Эйр направился вдоль берега из Аделаиды в Пёрт на западном берегу. Его путь лежал большей частью через совершенно безводную равнину. Эйр дал ей меткое название Налларбор (от латинского «нулларбор» — ни одного дерева). Экспедиции не удалось дойти до Пёрта: трое спутников Эйра погибли в пути. Вся центральная область материка оставалась «белым пятном».

В изучение Австралийских Альп немалый вклад внес польский географ и геолог *Павел Эдмунд Стшелецкий*. В 1840 г. он исследовал реку Муррей от устья до истока. Стшелецкий пересек Австралийские Альпы и, пробираясь через заросли колючих кустарников, низкорослых угнетенных форм эвкалиптов и акаций, вышел к приморской полосе. Он открыл одну из высших точек материка, назвав ее именем польского революционера Костюшко. Но позже выяснилось, что Стшелецкий поднялся не на эту гору, а на соседнюю — Таунсенд (2219 м). Однако австралийские географы закрепили имя Костюшко за самой высокой горой материка (2234 м). В 1842 г. Стшелецкий проводил исследования на острове Тасмания.

Впервые пройти весь материк с юга на север от Аделаиды до залива Карпентария удалось в 1860—1861 гг. экспедиции *Роберта О'Хара Берка*. На обратном пути участники экспедиции, за исключением одного, погибли от голода. Спасательный отряд *Джона Маккинлея*, посланный на поиски экспедиции Берка, собрал много сведений о природе Центральной Австралии. Экспедиция вторично пересекла материк с юга на север из Аделаиды до залива Карпентария, нашла истоки реки Барку и исследовала реку Лейхгардт.

В 1860—1862 гг. *Джон Макдуал Стюарт* прошел пространство от Аделаиды до Земли Арнхема на севере материка. По его маршруту, с небольшими отклонениями, в 1872 г. проложили линию трансконтинентального телеграфа. Это обстоятельство продвинуло изучение внутренних территорий к западу от этой линии.

Центрально-Австралийское плато условно делят на три пустыни: Большую Песчаную, Гибсона и Большую Викторию. Его пересекли экспедиции *Питера Уорбертона* (1873), *Джона Форреста* (1874) и *Эрнеста Джайлза* (1875 и 1876). Джайлз открыл горный массив Масгрейв с вершиной 1594 м и к северу от него пересыхающее соленое озеро Амадеус. Он первым проник в пустыню Гибсона.

В 1903 г. по юго-востоку и восточной окраине материка путешествовал русский ученый *Александр Леонидович Ященко*, собравший здесь богатую, главным образом этнографическую коллекцию. Его книга «Путешествие в Австралию» опубликована уже в советское время.

После того как Австралия в 1901 г. получила права доминиона, большую часть экспедиционных исследований вели местные научные силы, а также английские. В последние десятилетия к ним присоединились ученые США, производя преимущественно геологические поиски полезных ископаемых.

Захват Австралии Англией и превращение ее в колонию имели тяжелые последствия для аборигенов. Они были частью уничтожены, а частью оттеснены в пустынные внутренние области, где колонизаторы создали им крайне тяжелые условия существования.

Немногочисленные аборигены, сохранившиеся и поныне, лишены политических прав и влачат жалкую жизнь.

Географические открытия и исследования в наше время

Важными географическими событиями начала XX в. были открытие и нанесение на карту мира архипелага островов Северной Земли (1913), а также достижение и определение точного местоположения Северного (1909) и Южного (1911) полюсов Земли.

К середине нашего века все чаще стали раздаваться голоса, что географические открытия на Земле завершены, и ныне это мнение широко распространено. Верно ли оно? Нет, неверно. Открытия совершаются в наше время. Ведь только в 1925 г. открыты ледники на Полярном Урале, в 1932 г.— в горах Сунтар-Хаята, в 1970 г.— на полуострове Таймыр. Еще во многом неизвестны внутренние области Антарктиды, глухие дебри бассейна Амазонки, еще есть не посещавшиеся человеком горные области Гиндукуша и Гималаев. Еще много имен первооткрывателей будет нанесено на карту суши.

Множество открытий сделано в XX в. в Мировом океане, и каждый год их число увеличивается. После открытий горных хребтов Ломоносова и Менделеева в Северном Ледовитом океане до неузнаваемости изменилась карта дна Тихого океана, сильно видоизменились представления о ложе Индийского океана и даже наиболее известного ранее — Атлантического. Так что географические открытия, как видите, совершаются и в наши дни.

Карта маршрута первого русского кругосветного плавания И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803—1806 гг.).

Но вместе с тем за время, прошедшее с конца XVIII в., существенно расширился самый смысл понятия «географическое открытие». Это понятие ныне включает в себя не только открытия на суше, в море, но и в воздухе. Так, выяснение местоположения Исландского и Алеутского минимумов и Азорского максимума давления атмосферы было, конечно, географическим открытием.

В наше время география отвечает не только на вопросы *что, где*, но и *почему*. В XX в. сформировалось учение о географических континентах. Особенности и своеобразные черты тех или иных местностей на поверхности Земли объясняются теперь не только наличием в них географических компонентов (земной коры, вод, воздуха, почв, растительности, животного мира) со свойственными каждому из них качествами, но и определенным сочетанием их (структурой местности) и взаимодействием.

Отдельные компоненты местности в наше время изучаются самостоятельными науками: геологией и геоморфологией, климатологией и океанологией, гидрологией и географией почв, геоботаникой и зоогеографией. Задача же физической географии состоит в исследовании местности как единого целого, изучении ее происхождения, развития, типов естественных ресурсов.

В течение полувека география получила возможность использовать множество новых методов исследования. Неоценимую роль ныне играют аэрофотосъемка, методы геохимии, геофизики и т. д. В полевых и лабораторных исследованиях ученые применяют самые разнообразные новейшие технические средства.

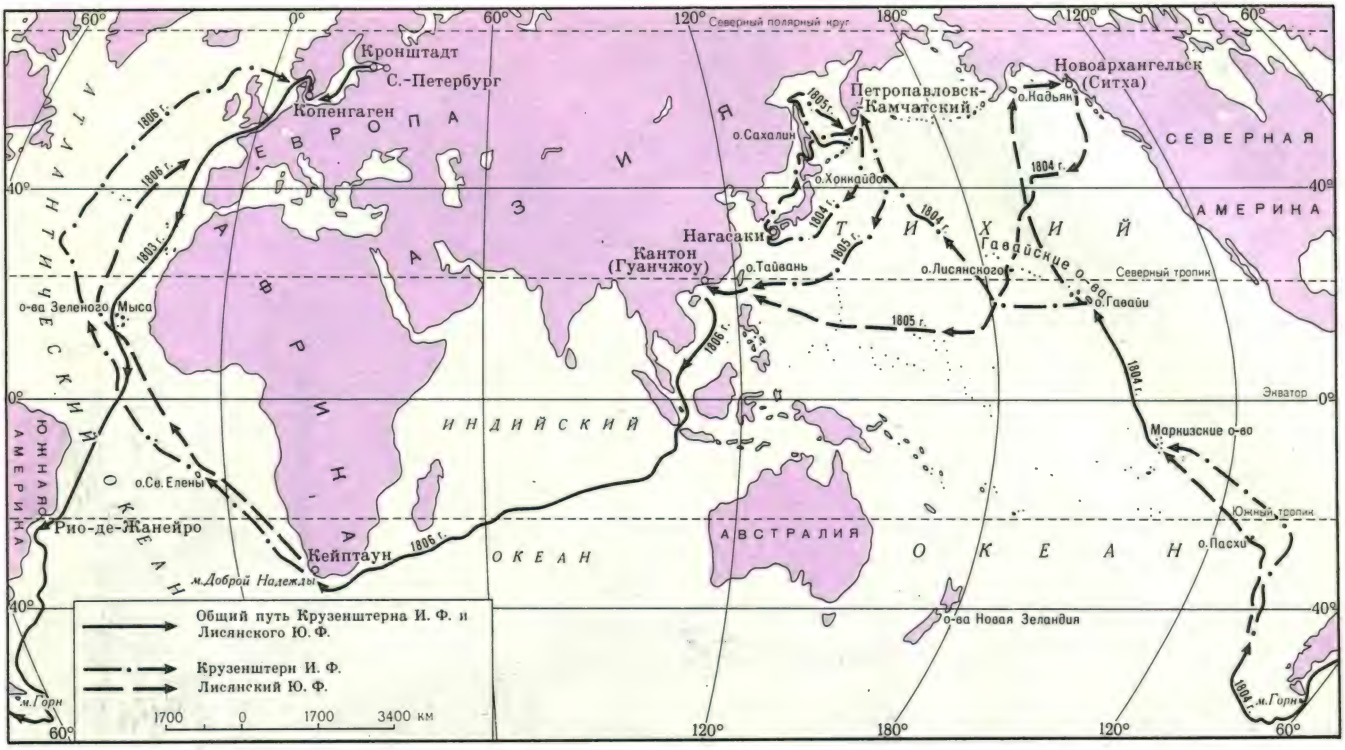
Географическим открытием в наше время считается не только обнаружение неизвестных объектов на поверхности Земли, но и выяснение законов и закономерностей, управляющих в природе «жизнью» каждого географического компонента, их взаимосвязями и взаимодействием. Из этого видно, что понятие «географическое открытие» теперь имеет очень глубокое научное содержание, и в этом смысле возможность географических открытий безгранична. Важнейшая задача и цель современной физической географии — классификация местностей, разработка системы типов местностей и физико-географическое районирование. Решение этих задач имеет громадное практическое значение для целенаправленного воздействия на местность, для ее улучшения, для прогнозирования ее ресурсов и планомерного их использования на благо человека. На этом пути можно ожидать уже в ближайшем будущем многих замечательных научно-географических открытий.

Исследования Мирового океана в XIX в.

К XIX в. уже стало известно, что почти $^3/_4$ поверхности земного шара занимает Мировой океан. В XVII—XVIII вв. были объяснены причины приливов в океане и ветровых волн. В XVIII в. сделаны первые попытки измерить температуру воды на различных глубинах океанов и морей, но систематическое изучение океана, его глубин и течений, ветров и атмосферных условий, его природных богатств началось только в XIX в.

Очень много в исследовании Мирового океана сделали русские моряки. В первой половине XIX в. они совершили около 40 кругосветных плаваний. Эти плавания были вызваны необходимостью наладить транспортные морские связи с русскими владениями на Аляске, Алеутскими и Курильскими островами. Но попутно мореплаватели открыли сотни новых островов, части побережий материков и т. д. Кругосветные плавания русских моряков благодаря гидрологическим наблюдениям имели очень большое значение для развития только зарождавшейся тогда океанографической науки.

Начало океанографическим исследованиям положила первая русская кругосветная экспедиция на шлюпах «Надежда» и «Нева», предпринятая под командованием *Ивана Федоровича Крузенштерна* и *Юрия Федоровича Лисянского* в 1803—1806 гг. Со шлюпа «Надежда» Крузенштерн и астроном экспедиции Горнер изучали температуру воды на различных глубинах от поверхности до 366 м, ее удельный вес, наблюдали свечение моря, приливы и течения в Атлантическом и Тихом океанах, Балтийском, Охотском, Японском и Южно-Китайском морях. Они установили, что соленость воды в морях ниже, чем в океанах, а соленость Тихого океана ниже, чем Атлантического. Ученые объяснили это явление неодинаковой величиной испарения на различных широтах океана и большим влиянием речного стока на соленость морей. Экспедиция открыла в Тихом океа-



не бухту Чичагова у берегов острова Нукухива в группе Маркизских островов и острова, названные позднее именами Лисянского и Крузенштерна. Кроме того, мореплаватели определили и исправили на картах положение более 100 географических пунктов в Японском и Охотском морях и в Тихом океане, сделали зарисовки природы островов и собрали различные коллекции.

После плавания И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского глубоководные исследования стали обязательными в программе работ многих русских и иностранных экспедиций XIX в.

Изучение природы океана продолжила в 1815—1818 гг. русская кругосветная экспедиция на бриге «Рюрик» под командованием спутника Крузенштерна *Отто Евстафьевича Коцебу*. Это была первая экспедиция, специально снаряженная для научных исследований малоизвестных районов Тихого океана. Участники экспедиции сделали более 300 измерений температуры и плотности воды на поверхности океана, 83 измерения температуры на различных глубинах до 1829 м, впервые провели наблюдения над прозрачностью воды, подтвердили и пополнили наблюдения Крузенштерна и Горнера о неравномерном вертикальном распределении температуры воды в океанах и морях.

У выхода из Берингова пролива в 1816 г. были открыты и исследованы острова Сарычева, Шамиссо, заливы Шишмарева и Коцебу.

Экспедиция Коцебу должна была также отыскать путь из Берингова моря в Атлантический океан вдоль северных берегов Северной Америки, но этому помешали сплошные льды. В 1817 г. участники экспедиции описали и нанесли на карту острова Суворова и Кутузова в группе Маршалловых островов, острова Румянцева, Чичагова и много других. Коцебу первый описал коралловые острова и высказал гипотезу об их образовании.

Наиболее выдающимся по научным результатам было плавание в Антарктиду русских моряков *Фаддея Фаддеевича Беллинсгаузена* и *Михаила Петровича Лазарева* в 1819—1821 гг. на двух шлюпах — «Восток» и «Мирный». Целью экспедиции было исследовать неведомые воды Антарктики и обнаружить сушу у Южного полюса Земли. Это было очень смелое и рискованное плавание. Русские моряки впервые встретились с суровой антарктической природой. Они пробивались вперед в хаосе огромных ледяных полей, в обстановке неизвестных морских течений, часто меняющихся ветров, густых туманов и почти непрерывной облачности. 28 января 1820 г. на 69° 22′ ю. ш. и 2° 15′ з. д. участники экспедиции подошли к берегам Антарктиды. Этот день считается датой одного из величайших географических открытий — открытия последнего, шестого континента. Впервые люди увидели южную границу вод Мирового океана, но подойти к ней из-за преграждающих путь льдов не смогли. «Восток» и «Мирный» обследовали гораздо большее пространство за южным полярным кругом, чем это было сделано их предшественником Джемсом Куком в 1772—1775 гг. Они наблюдали за антарктическими льдами и айсбергами, провели метеорологические и океанографические наблюдения, открыли и нанесли на карту многочисленные острова. 10 января 1821 г. экспедиция Беллинсгаузена и Лазарева достигла самой южной точки

своего плавания в Тихом океане — 69° 21′ 42″ ю. ш., 92° 38′ 7″ з. д. К северо-востоку от этой точки они открыли острова Петра I и Землю Александра I. Далее суда направились к Новой Шетландии, случайно открытой в 1819 г. англичанином *У. Смитом*. Оказалось, что эта земля представляет собой архипелаг, который был назван Южно-Шетландскими островами. Многие из этих островов названы в память о битвах Отечественной войны 1812 г.

Первые достаточно точные измерения температуры глубинных слоев воды были сделаны во время второго плавания *О. Е. Коцебу* на шлюпе «Предприятие» в 1823—1826 гг. Научные исследования в экспедиции проводили крупные ученые — физик *Э. Ленц*, астроном *В. Прейс*, геолог *Э. Гофман*. Точность наблюдений была достигнута благодаря изобретенному Ленцем батометру — прибору для взятия проб воды с глубин океана. Опущенный на тросе на ту или иную глубину, он набирал воду и приносил ее без примеси вышележащего слоя воды и с той температурой, какая была на глубине, где брали пробу. С помощью этого прибора Ленц наблюдал в различных точках океана температуру воды по вертикали до глубины 1972 м. Во время плавания определялось географическое положение островов и береговых пунктов на материках, магнитное склонение. Одновременно определялся удельный вес воды, который служит показателем ее солености.

Морские исследования в то время проводили экспедиции многих стран мира, и в их программу также включались глубоководные наблюдения в океанах.

В 1819—1820 гг. во время поисков Северо-Западного прохода из Атлантического океана в Тихий английская экспедиция *Уильяма Эдуарда Парри* на судах «Гекла» и «Грайпер» провела глубоководные измерения температуры воды в северной части Атлантического океана. Парри измерил температуру воды в самой северной в то время точке измерения — на 69° 24′ с. ш. и 67° 05′ з. д. Такие же наблюдения проводились в 1825—1828 гг. на английском судне «Блоссом» под командованием *Фредерика Бичи* в Атлантическом и Тихом океанах и в Беринговом море.

Французская экспедиция *Жюля Дюмон-Дюрвиля* на судне «Астролябия» в 1826—1829 гг. вела исследования в трех океанах. Она провела первые глубоководные наблюдения в морях Восточно-Индийского архипелага и нанесла на карту северные берега Новой Гвинеи и Новой Зеландии.

Интересные и важные результаты научных исследований получила английская экспедиция 1831—

Такими навигационными приборами и картами пользовались мореплаватели XVIII—XIX вв.

Корабль И. Ф. Крузенштерна — шлюп «Надежда».

Экспедиция на корабле «Нева» в 1804 г. достигла северо-западного побережья Америки. Здесь был основан Ново-Архангельск.

1836 гг. на судне «Биґль» под командованием *Роберта Фиц-Роя*. Экспедиция провела обширные глубоководные наблюдения, а также общегеографические, этнографические и геологические исследования. На борту корабля экспедиции находился знаменитый естествоиспытатель *Чарлз Дарвин*, тогда еще молодой ученый. Его заинтересовали встречающиеся в океане коралловые острова.

Во время плавания участники экспедиции обнаружили в низких широтах восточной части Тихого океана холодноводных антарктических пингвинов. Дарвин заинтересовался, каким образом они могли попасть сюда. Загадка была решена. Оказалось, что антарктические пингвины попадают сюда с потоком холодных вод, которые движутся от Антарктиды в направлении к экватору.

Первая половина XIX в. завершилась крупным географическим открытием русской экспедиции *Геннадия Ивановича Невельского* на судне «Байкал» в 1848—1849 гг. Плавая вдоль берегов Сахалина и западной части Охотского моря, Невельской достиг устья Амура, тщательно измерил глубину реки, оказавшуюся достаточно глубокой для морских судов, и открыл судоходный пролив между материком и Сахалином. Таким образом, он опроверг утвердившееся мнение о недоступности устья Амура для морских судов и доказал, что Сахалин отделен от материка судоходным проливом.

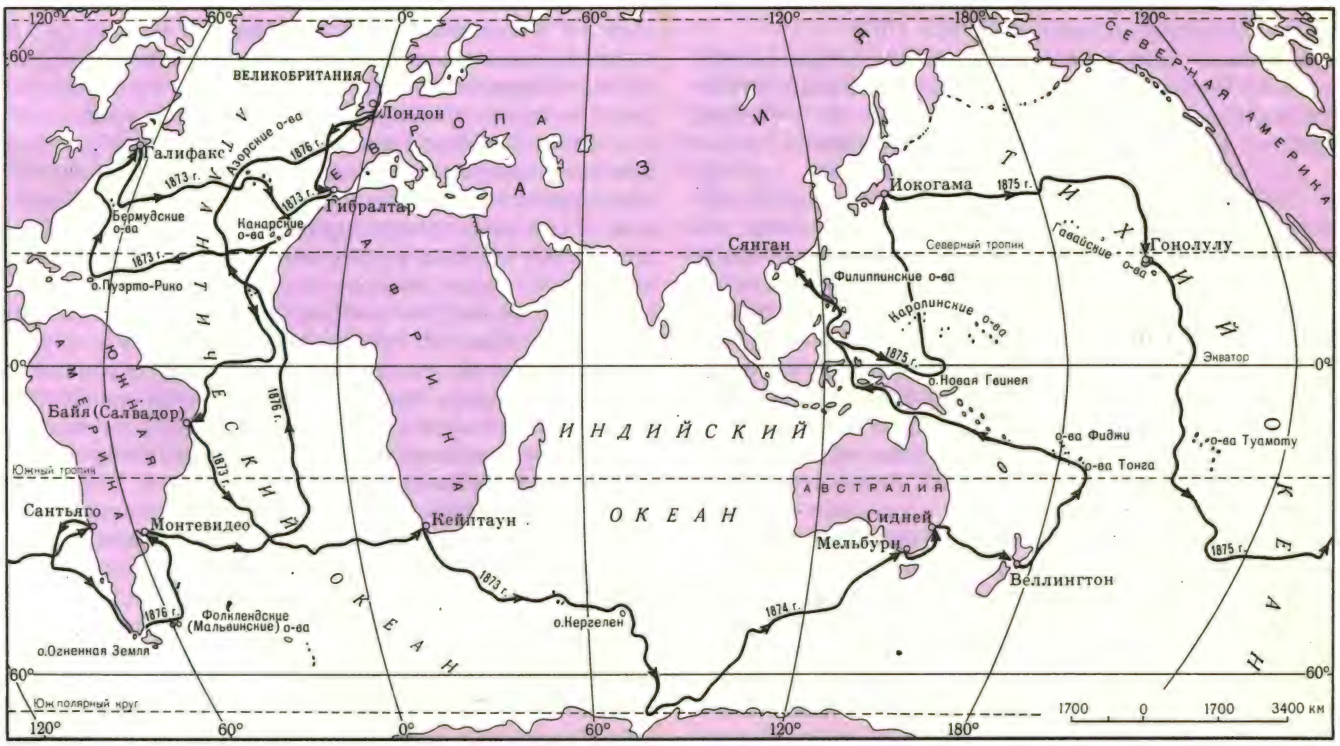
В первой половине XIX в. были осуществлены важнейшие океанографические исследования. Этому способствовали разработанные русскими учеными приборы для измерения температуры воды в океане и для наблюдений за колебаниями его уровня. В 1832 г. профессор Тартуского университета В. Паррот и физик Эмилий Христианович Ленц разработали новый тип *батометра*: соединили его с термометром, изолированным от влияния давления воды. Они сконструировали также первый глубомер — устройство для погружения в толщу воды измерительных приборов и для определения глубины моря. В 1839 г. русский ученый-мореплаватель *Федор Петрович Литке* предложил создать прибор, записывающий уровень моря,— *приливомер*. Эту идею воплотил в жизнь академик Ленц. Под его руководством приливомер был построен и впервые установлен на берегах Тихого океана в Ново-Архангельске (Русская Америка), а затем на берегах Северного Ледовитого океана. В 1844 г. Литке опубликовал первые результаты исследования приливов в этих океанах.

Благодаря довольно точной аппаратуре уже в первой половине XIX в. удалось накопить достаточно данных о вертикальном распределении температуры воды. В частности, много сведений об этом собрала австралийская экспедиция в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах, возглавляемая *Буллерштorфом*, на судне «Новара». Большую роль в накоплении данных наблюдений над вертикальным распределением температуры воды, метеорологическими элементами и течениями сыграли и другие экспедиции, в том числе экспедиции в высокие широты. Все эти данные легли в основу схемы вертикальной циркуляции в водах океана, разработанной Ленцем в 1845 г. В океане были обнаружены потоки теплых поверхностных вод, направленные от экватора к высоким широтам, и потоки холодных глубинных вод — из высоких широт к экватору. Схема Ленца впервые объясняла теплообмен между поверхностными и глубинными водами океана и между водами низких и высоких широт.

Во второй половине XIX в. ученые и моряки много думали о том, как повысить безопасность мореплавания. Капитанов кораблей призывали вести систематические наблюдения над всеми явлениями, которые могут иметь значение для безопасности кораблевождения. В это время создавались специальные отделы в гидрографических управлениях и адмиралтействах: в них стекались с кораблей результаты наблюдений над силой и направлением ветра, тече-

Очень плодотворным было плавание научно-исследовательского корвета «Челленджер» в 1872—1876 гг.

Внизу — карта маршрута плавания «Челленджера».



ниями и туманами, льдами и подводными банками и др. Наблюдения проводились не только на торговых, но и на военных судах разных стран. С 1853 г. по решению Первой международной морской конференции для таких наблюдений была разработана специальная программа, данные наблюдений регулярно обрабатывались и на их основе создавались гидрометеорологические карты океанов и морей. На карты наносились характеристики ветра, течений и волнения, данные измерений температуры воды.

Это облегчило судовождение и обеспечило бóльшую безопасность кораблей.

Начало комплексным научным исследованиям в океане на специально оборудованных кораблях положила английская океанографическая экспедиция. Она проводилась с 1872 по 1876 г. на корвете «Челленджер»; руководил ею *Уайвилл Томсон*. Маршрут этой экспедиции лежал через Атлантический, Индийский и Тихий океаны. Экспедиция выполнила широкую программу метеорологических, океанографических, биологических и геологических наблюдений. Собранный материал был так велик, что обработкой его занимались 70 ученых в течение 20 лет. Были получены совершенно новые данные о физических свойствах и химическом составе вод океана, о его растительном и животном мире, о рельефе дна и грунтах. Впервые была составлена карта глубин трех океанов — Атлантического, Индийского, Тихого — и собрана первая коллекция глубоководных животных.

Материалы экспедиции и сделанные на их основе теоретические выводы не потеряли своей ценности до настоящего времени.

Одновременно с «Челленджером» в 1874—1876 гг. работали немецкая кругосветная океанографическая экспедиция, а в северной части Тихого океана — американская экспедиция.

Изучая рельеф дна для прокладки кабеля между Сан-Франциско и Японией, американские ученые обнаружили у восточных подводных склонов Курильских островов глубоководную впадину, получившую название Курильской.

В 1874 г. все собранные к этому времени данные глубоководных наблюдений за температурой воды обобщил английский ученый *Джон Приствич*. Он впервые построил профили вертикального распределения температуры воды, так называемые вертикальные разрезы Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Они наглядно показали, как распределяются в океанах слои воды с различными температурами.

Наиболее крупный вклад в исследование океана в конце XIX в. внесли русская экспедиция на корвете «Витязь» (1886—1889) и экспедиция США на судне «Альбатрос» (1883—1905).

Кругосветная экспедиция на «Витязе» под руководством ученого-океанографа, впоследствии адмирала, *Степана Осиповича Макарова* исследовала Тихий океан и другие районы Мирового океана. Долгое время экспедиция изучала его северную часть и в частности такие районы, которые не посещало ни одно океанографическое судно. «Витязь» был оборудован специальными приборами для океанографических наблюдений, которые велись на всем пути его следования.

По окончании плавания Макаров тщательно обработал огромный материал наблюдений, проведенных на «Витязе»; он впервые дал полную океанографическую характеристику северной части Тихого океана. Кроме того, он изучил и проанализировал судовые журналы многих кругосветных путешествий не только русских, но и иностранных судов и установил закономерности природных процессов Мирового океана в целом. Так, Макаров впервые пришел к выводу, что поверхностные течения во всех морях Северного полушария имеют, как правило, круговое вращение и направлены против часовой стрелки. В Южном же полушарии течения движутся по часовой стрелке. Макаров верно определил, что причина этого явления — отклоняющая сила вращения Земли (закон Кориолиса, согласно которому все тела при движении отклоняются в Северном полушарии вправо, а в Южном — влево). Результаты этой экспедиции имели настолько большое значение, что название корвета «Витязь» высечено рядом с «Челленджером» на фронтоне океанографического музея в Монако — старейшего океанографического учреждения мира.

Экспедиция на «Альбатросе» работала в Атлантическом и Тихом океанах под руководством известного зоолога А. Агасицы. Ею был собран большой материал океанографических и биологических наблюдений; особенно ценными оказались биологические исследования: были открыты новые виды живых организмов и закономерности их развития.

На основании собранных к концу XIX в. сведений об океане были составлены карты поверхностных течений, карта распределения температуры воды на различных глубинах и карты рельефа дна, даны описания природных условий океана и вскрыты некоторые закономерности развития в нем тепловых и динамических, а также химических и биологических процессов.

Таким образом, в конце прошлого века были заложены основы для целостного изучения всей природы океана.

Арктика и Северный морской путь

Северный Ледовитый океан лежит между двумя материками — Евразией и Северной Америкой. По физико-географическим особенностям он подразделяется на глубоководный Арктический бассейн, приблизительно в центре которого находится Северный полюс Земли, и окраинные арктические моря, в большинстве своем мелководные. В этих морях много островов, некоторые из них группируются в большие и малые архипелаги.

Воды Северного Ледовитого океана омывают берега нашей Родины с севера. Вдоль них пролегает основная трасса Северного морского пути — по морям Белому, Баренцеву, Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому и Чукотскому. Большая часть Северного Ледовитого океана находится внутри Северного полярного круга. Важнейший признак этой области — полярная ночь и полярный день. В Мурманске, исходном пункте Северного морского пути, полярная ночь длится 40 суток, полярный день — 58; на мысе Челюскина — самой северной точке материка — продолжительность полярной ночи 107 суток, полярного дня — 123; на Северном полюсе полярная ночь и полярный день длятся приблизительно по полгода.

Природа Северного Ледовитого океана крайне сурова. Девять-одиннадцать месяцев тянется зима с сильными морозами и жестокой пургой. Замирает вся видимая жизнь. Лишь изредка в поисках пищи пройдет одинокий белый медведь или промелькнет грациозный арктический зверек белый песец. Не радует и короткое холодное лето, пасмурное и сырое. Небо почти всегда затянуто плотным слоем низких унылых облаков, чуть ли не ежедневно идет назойливый моросящий дождь, часто наползает пронизывающий сыростью туман. Несмотря на то что солнце круглые сутки совершает свой путь над горизонтом, увидеть его удается очень редко. Температура воздуха на Земле Франца-Иосифа, мысе Челюскина, Северной Земле летом держится около 0°. В любой летний день она может понизиться до —5°, —10°, возможен сильный снегопад, пурга.

Арктический бассейн во все времена года покрыт дрейфующими ледяными полями. В результате неравномерного дрейфа льды местами разводит, и образуются пространства открытой воды — *разводья;* в других местах, напротив, льды сжимает и они, ломаясь, образуют хаотические нагромождения — *торосы.* В окраинных морях зимой плавучий лед примерзает к берегам неподвижным ледяным припаем. Летом припай разрушается и взламывается. Бывают годы, когда взломленные льды далеко отходят от берега, освобождая путь пароходам, а иногда они совсем не отходят или отходят недалеко, затрудняя мореплавание.

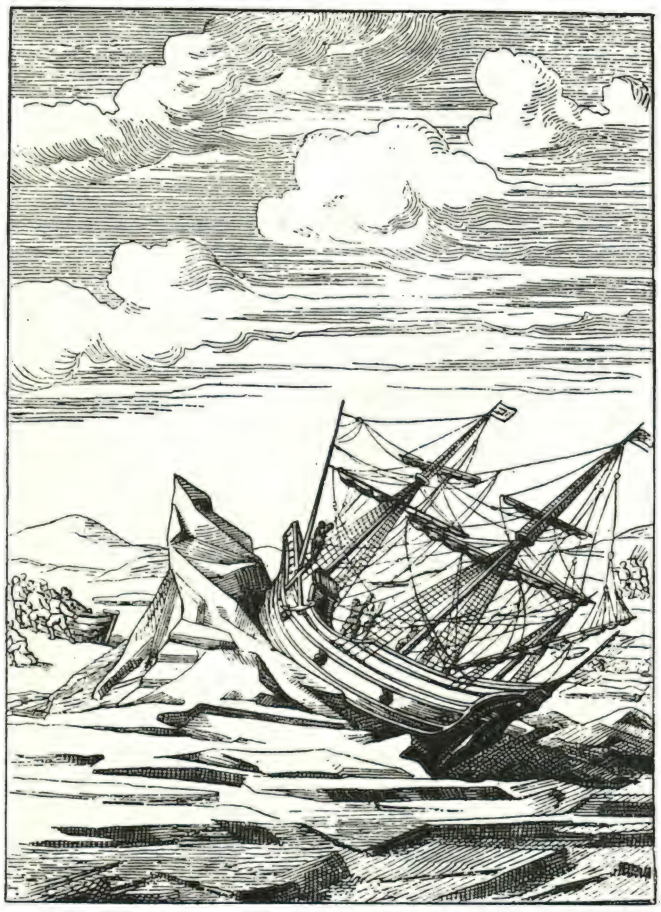
Сурово выглядит и арктическая суша. Все материковое побережье и острова скованы вечной мерзлотой. Многие острова частично, а то и сплошь погребены под мощными ледниками. Нигде нет ни деревьев, ни кустарников.

Начало освоения Северного Ледовитого океана русскими относится к середине XII в., когда впервые поморы вышли на берега Белого, а затем и Баренцева морей, где промышляли тюленей, моржей, китов, белых медведей, ценные породы рыб. Постепенно расширяя районы промысла, поморы, по-видимому, в XIV в. уже плавали к Новой Земле и не позже XVI в. — к Шпицбергену.

В 1525 г. русский литератор и дипломат *Дмитрий Герасимов* впервые высказал мысль о вероятном существовании водной магистрали, пролегающей вдоль северных берегов Европы и Азии. Идея Герасимова послужила толчком к поискам Северного морского пути Англией и Голландией, которые с этой целью снарядили в XVI—XVII вв. несколько экспедиций. Однако ни одна из них дальше западных районов Карского моря не прошла.

Первая английская экспедиция вышла в плавание в 1553 г. из Лондона на трех небольших парусных судах. Во время сильной бури на подходе к мысу Нордкап корабли потеряли друг друга. Два из них, в том числе тот, на котором находился начальник экспедиции адмирал *Хью Уиллоби*, прошли до Новой Земли или до острова Колгуева, откуда повернули обратно и встали на зимовку у Мурманского берега, близ устья реки Варсины. Первая зимовка европейцев в водах Северного Ледовитого океана окончилась трагически — весь личный состав обоих судов в количестве 65 человек погиб от холода и голода. Судьба третьего судна, которым командовал *Ричард Ченслер*, была счастливее. Но и его плавание ограничилось низовьем Северной Двины.

В 1596 г. голландское судно под командованием *Якова Гемскерка* и *Виллема Баренца* успешно достигло северного берега Новой Земли. Мореплавателям казалось, что желанный путь в страны Востока уже открыт, но их судно было намертво затерто льдами в бухте, названной ими Ледяной Гаванью. Моряки перешли на берег и построили дом. Несколько человек не вынесли трудностей суровой зимовки и умерли. Баренц и многие другие тяжело заболели цингой. С наступлением лета голландцы бросили вмороженное во льды судно и по прибрежной полосе чистой воды вышли на двух шлюпках на юг. У острова Междушарского их заметили промышлявшие здесь русские поморы. Они снабдили бедствующих моряков продуктами и указали наиболее безопасный путь для возвращения на родину. 2 сентября 1597 г. голландцы благополучно прибыли в



В третьем плавании корабли Баренца были затерты льдами, что вынудило его зазимовать в Ледяной Гавани.

Колу, а оттуда на попутном корабле вернулись в Амстердам. Но Баренца среди них не было. Отважный мореплаватель скончался в первые дни плавания на шлюпках.

Пока англичане и голландцы безуспешно пытались открыть Северный морской путь, началось великое движение на восток русских поморов и землепроходцев. Уже в середине XVI в. поморы освоили морской путь в устье Оби. Используя притоки сибирских рек, поморы и землепроходцы с Оби перешли на Енисей и Лену. Они совершали плавания в Северный Ледовитый океан и вдоль его берегов. Так был открыт морской путь из устья Енисея на Пясину, из устья Лены к рекам Оленек и Анабар на запад, к рекам Яна, Индигирка и Колыма на восток.

В 1648 г. группа мореходов во главе с «торговым человеком» *Федотом Алексеевым Поповым* и казачьим атаманом *Семеном Ивановым Дежнёвым* обошла на кочах Чукотский полуостров и вышла в Тихий океан. В 1686—1688 гг. торговая экспедиция *Ивана Толстоухова* на трех кочах обошла морем с запада на восток Таймырский полуостров. В 1712 г. землепроходцы *Меркурий Вагин* и *Яков Пермяков* впервые посетили Большой Ляховский остров, положив начало открытию и исследованию всей группы Новосибирских островов. Немногим больше чем за столетие русские поморы и землепроходцы прошли отдельными участками весь Северный морской путь. Предположение Дмитрия Герасимова о существовании морского пути из Европы в Тихий океан вокруг северных берегов Евразии подтвердилось.

В 1733—1742 гг. в водах Северного Ледовитого океана и на его побережье работала *Великая Северная экспедиция*. За десять лет она прошла отдельными участками почти весь Северный морской путь, от Архангельска на западе до мыса Большой Баранов на востоке, выполнила на всем этом протяжении гидрографическую опись, составила карты.

Значительный вклад в изучение восточного участка Северного морского пути внесли русские мореплаватели *Фердинанд Петрович Врангель* и *Федор Федорович Матюшкин* (лицейский друг А. С. Пушкина). В 1820—1824 гг. они обследовали и нанесли на карту материковый берег от устья Колымы до Колючинской губы и совершили в этом районе четыре беспримерных похода по дрейфующим льдам.

В 1873 г. Австро-Венгерская экспедиция под руководством *Карла Вайпрехта* и *Юлиуса Пайера* на судне «Тегетгоф» открыла на севере Баренцева моря обширный архипелаг, который назвала Землей Франца-Иосифа. Интересно, что еще в 1865 г. русский моряк *Николай Густавович Шиллинг* высказал научно обоснованное предположение, что «между Шпицбергеном и Новой Землей находится еще не открытая суша, которая простирается к северу дальше Шпицбергена».

Впервые в Арктический бассейн проникла норвежская экспедиция *Фритьофа Нансена* на судне «Фрам», построенном с таким расчетом, чтобы при ледовых сжатиях оно выжималось на лед и оставалось невредимым. 21 июля 1893 г. «Фрам» пришвартовался к обширной льдине приблизительно в 500 км к северо-северо-западу от острова Котельный. Продрейфовав во льдах через весь Арктический бассейн, судно 19 августа 1896 г. благополучно вышло на открытую воду недалеко от северо-западного берега Шпицбергена. Экспедиция выполнила широкий комплекс физико-географических наблюдений и установила, что в высоких широтах Арктики, вопреки распространенному мнению, расположено не мелкое море, а глубоководный океанический бассейн — глубокое Полярное море, как называл его Нансен.

Начиная с 1892 г. несколько попыток пройти к Северному полюсу по дрейфующим льдам на собачьих упряжках предпринял американский арктический путешественник *Роберт Пири*. Его усилия увенчались успехом лишь в 1909 г., когда, выйдя с северного берега острова Элсмир, он с пятью спутниками достиг Северного полюса.

Георгий Яковлевич Седов — русский гидрограф и полярный исследователь. В 1912 г. на судне «Св. Фока» организовал экспедицию с целью достичь Северного полюса.

Внизу — корабль «Св. Фока» на зимовке.

Почетное место в истории изучения Арктического бассейна и Северного морского пути принадлежит шведской экспедиции на пароходе «Вега», которую возглавил арктический путешественник и ученый *Адольф Эрик Норденшельд*. В свое знаменитое плавание «Вега» вышла в конце июля 1878 г. из порта Гетеборг. Пройдя через Югорский Шар в Карское море, она миновала остров Диксон, мыс Челюскина, бухту Тикси. Но в Восточно-Сибирском и особенно в Чукотском море экспедиция встретила тяжелые сплоченные льды и 28 сентября была вынуждена стать на зимовку несколько восточнее Колючинской губы, в 200 км от Берингова пролива. 18 июля 1879 г., как только вскрылись льды, «Вега» возобновила плавание и уже через два дня обогнула северо-восточную оконечность Азии, названную Норденшельдом мысом Дежнева. Так впервые одно судно прошло весь Северный морской путь.

Совершенно новый этап в исследовании и транспортном освоении Северного Ледовитого океана связан с именем знаменитого русского мореплавателя адмирала *Степана Осиповича Макарова*. По его идее в 1899 г. в Англии был построен первый в мире мощный ледокол «Ермак», который предполагалось использовать для регулярного сообщения с Обью и Енисеем через Карское море и для научных исследований океана до самых высоких широт.

Очень плодотворной по результатам была русская «Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана» 1910—1915 гг. на ледокольных пароходах «Таймыр» и «Вайгач». Базируясь во Владивостоке, она за три года выполнила детальную гидрографическую опись от мыса Дежнева до устья Лены и соорудила на побережье навигационные знаки. В 1913 г. перед экспедицией была поставлена задача продолжить гидрографическую опись до Таймырского полуострова и при благоприятных условиях совершить сквозное плавание по Северному морскому пути до нынешнего Мурманска. Но мыс Челюскина оказался блокированным тяжелыми невзломанными льдами. Тогда было принято смелое решение обойти льды с севера. Никто не думал, что на этом пути моряки сделают крупнейшее географическое открытие XX в. Это произошло ранним утром 3 сентября. «Я стоял на мостике,— рассказывает участник экспедиции врач Л. М. Старокадомский,— и смотрел на разбитый редкий лед, в котором пробирался наш «Таймыр»... И вдруг впереди, немного вправо от курса, я стал различать смутные очертания высокого берега... По мере того как корабль приближался к новой земле, вид берега становился все внушительнее. Открывались высокие, до 500 м горы, круто спускавшиеся к морю». «Таймыр» и «Вайгач» прошли вдоль восточного берега открытой суши почти до ее северных пределов, где были остановлены непроходимыми льдами.

Не найдя прохода в Карское море, суда вернулись во Владивосток. В 1914 г. они вновь вышли в плавание и после зимовки у северо-западного берега Таймырского полуострова благополучно прибыли в Архангельск. Открытая экспедицией суша позднее была названа Северной Землей.

Несмотря на целый ряд экспедиций, многие из которых сделали крупные географические открытия, Северный Ледовитый океан был малоизученным.

В 1930 г. экспедиция О. Ю. Шмидта прошла на ледоколе «Георгий Седов» из Баренцева моря к западным берегам Северной Земли.

В центре — ледокол «Александр Сибиряков».

Внизу — лагерь челюскинцев на дрейфующей льдине.

Положение коренным образом изменилось в советское время, когда исследованию и практическому освоению Северного морского пути было придано значение государственной важности. Уже в 1920 г. в Архангельске, после его освобождения от интервентов, под руководством опытного мореплавателя *Михаила Васильевича Николаева* была снаряжена *Сибирская хлебная экспедиция* в устья Оби и Енисея.

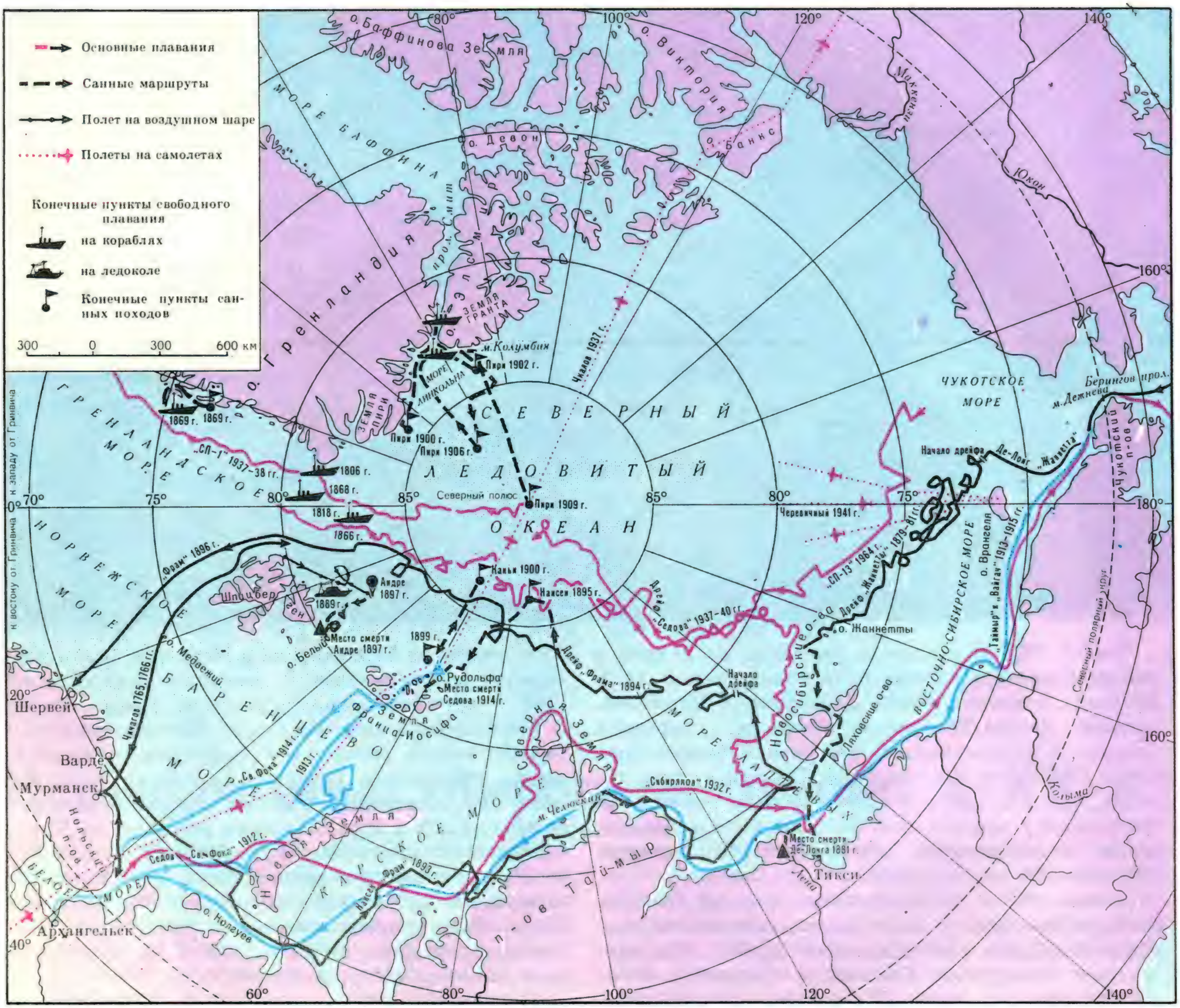
Сибирская хлебная экспедиция положила начало систематическим плаваниям на западном участке Северного морского пути, а затем и на всем его протяжении. 10 марта 1921 г. В. И. Ленин подписал декрет о создании Плавучего морского научно-исследовательского института. Районом деятельности этого института стал Северный Ледовитый океан с его морями и устьями рек, островами и прилегающими к нему побережьями РСФСР. Начиная с 1923 г. в течение всего лишь десяти лет на побережье и островах Северного Ледовитого океана было построено 19 полярных радиометеорологических станций.

В 1928 г. итальянская экспедиция *Умберто Нобиле* пролетела на дирижабле «Италия» с Шпицбергена до полюса. На обратном пути дирижабль потерпел катастрофу. Из 16 участников экспедиции 8 погибли, а оставшиеся в живых оказались в беспомощном состоянии на дрейфующих льдах к северу от Шпицбергена. Шесть европейских стран — Советский Союз, Италия, Норвегия, Финляндия, Франция и Швеция — приняли участие в спасательных работах. Наибольший успех в этом благородном деле выпал на долю советских моряков ледокола «Красин», капитаном которого был *Карл Павлович Эгге*. Возглавлял экспедицию опытный полярник *Рудольф Лазаревич Самойлович*.

«Красин» вышел 16 июня из Ленинграда и, преодолевая тяжелые льды, прошел к северу от Шпицбергена дальше всех остальных судов. 10 июля находившийся на борту ледокола полярный летчик *Борис Григорьевич Чухновский* на самолете «Красный медведь» вылетел в разведку и вскоре обнаружил одну из групп итальянцев. Они ютились на маленькой торосистой льдине, окруженной разводьями. Не имея возможности сесть на такую льдину, Чухновский повернул обратно к ледоколу, но из-за тумана совершил вынужденную посадку на торосистый лед, поломав шасси и два винта самолета. В радиограмме летчик требовал, чтобы «Красин» спасал итальянцев, и сообщал, каким путем лучше идти. Через два дня ледокол подошел к льдине, на которой находились двое отчаявшихся в спасении людей. В тот же день были приняты на борт еще пять человек, и лишь только после этого «Красин» направился на помощь Чухновскому. Из восьми

Начальник станции «Северный полюс» И. Д. Папанин поднимает флаг СССР. Справа — экипаж первой дрейфующей станции «Северный полюс».

Внизу — И. Д. Папанин и О. Ю. Шмидт на борту ледокола «Ермак» в марте 1938 г.



оставшихся в живых участников итальянской экспедиции «Красин» спас семь.

В 1930 г. экспедиция *Отто Юльевича Шмидта* впервые в истории арктического мореплавания прошла на ледоколе «Георгий Седов» из Баренцева моря через северные районы Карского моря к западным берегам Северной Земли. На одном из островов этого архипелага в течение двух лет работала группа во главе с *Георгием Алексеевичем Ушаковым*.

Экспедиции на «Красине» и «Георгии Седове», выдающиеся сами по себе, явились вместе с тем подготовкой к еще более значительной экспедиции на ледоколе «Александр Сибиряков», которой руководили профессор *О. Ю. Шмидт* и капитан *В. И. Воронин*. Эта экспедиция вышла в плавание 28 июня 1932 г. из Архангельска. Пройдя через пролив Маточкин Шар в Карское море, «Сибиряков» посетил остров Диксон, зашел на остров Домашний и далее направился в обход Северной Земли по пути, еще не изведанному мореплавателями. Преодолевая огромные трудности, ледокол в октябре вышел в Берингов пролив. Впервые в истории Северный морской путь был пройден за одну навигацию, без единой зимовки.

В феврале 1934 г. был раздавлен льдами и затонул экспедиционный пароход «Челюскин». В разгар арктической зимы на дрейфующей льдине оказалось 104 человека, из них 10 женщин и двое детей. Через два месяца их вывезли советские летчики, которые за этот подвиг впервые в нашей стране получили звание Героев Советского Союза. Своим опытом челюскинцы практически доказали возможность жизни и проведения научных наблюдений и исследований на дрейфующих льдах, а успешные полеты советских летчиков натолкнули на мысль, что самолет — самое надежное средство для доставки дрейфующей станции на Северный полюс.

Весной 1937 г. самолеты доставили на льдину в районе Северного полюса начальника первой дрейфующей станции *Ивана Дмитриевича Папанина,* радиста *Эрнста Тодоровича Кренкеля,* геофизика *Евгения Константиновича Федорова* и океанографа *Петра Петровича Ширшова.* За 274 дня дрейфа папанинская станция «Северный полюс» прошла по генеральному направлению 2050 км и была эвакуирована ледокольными пароходами «Таймыр» и «Мурман» 19 февраля 1938 г.

Осенью 1937 г. приблизительно там, где начинал свой дрейф «Фрам», был затерт льдами ледокол «Георгий Седов». Вынужденный дрейф «Седова», которым командовал *Константин Сергеевич Бадигин,* продолжался почти 27 месяцев и закончился в январе 1940 г. северо-западнее Шпицбергена.

Весной 1941 г. воздушная экспедиция под командованием пилота полярной авиации *Ивана Ивановича Черевичного* на тяжелом транспортном самолете совершила три полета с острова Врангеля в район Полюса относительной недоступности.

Папанинская станция, седовцы и полеты Черевичного, а также другие советские морские и воздушные экспедиции положили начало новому плодотворному методу изучения природы Арктического бассейна.

Варварское нападение на нашу Родину гитлеровской Германии надолго прервало эти исследования, однако Северный морской путь, несмотря на усилия фашистов нарушить его работу, продолжал действовать всю войну и внес свою лепту в великую победу советского народа над гитлеровской Германией.

В послевоенные годы освоение Северного морского пути получило еще больший размах. Еще в первые годы войны из Мончегорска в Норильск был перебазирован медно-никелевый комбинат, вскоре выросший в крупный металлургический центр страны. В послевоенные годы на севере Якутии возникла и быстро начала развиваться алмазная промышленность, значительно увеличилась добыча каменного угля. Исключительно большое развитие получила добыча золота и других ценных металлов на Чукотке. Расширилась заготовка экспортного леса на Енисее. Были открыты и начали эксплуатироваться богатейшие запасы нефти и природного газа на Обском Севере. Все это требовало резкого увеличения транспортных перевозок, значительная часть которых падала на Северный морской путь.

Арктический флот каждый год пополнялся современными мощными ледоколами и крупнотоннажными транспортными судами ледокольного типа. Каждый год по Северному морскому пути шли речные пароходы, катера и баржи, предназначенные для плавания и перевозки грузов по сибирским рекам от Оби на западе до Колымы на востоке. Это потребовало дальнейшего изучения Северного Ледовитого океана и впадающих в него судоходных рек. В 1948 г. была проведена первая послевоенная высокоширотная воздушная экспедиция. В ней участвовало около 20 самолетов, часть которых представляла собой летающие лаборатории. Научные отряды экспедиции высаживались на дрейфующие льды Арктического бассейна и проводили океанографические, метеорологические и географические исследования. Был открыт огромный подводный хребет Ломоносова, протянувшийся от Новосибирских островов до острова Элсмир на 1800 км, затем был открыт

Караваны судов регулярно совершают рейсы по Северному морскому пути.

хребет Менделеева, котловины Макарова, Бофорта и Нансена.

Весной 1950 г. с помощью полярной авиации на лед Арктического бассейна в районе Полюса относительной недоступности была высажена дрейфующая станция «Северный полюс-2», которой руководил *Михаил Михайлович Сомов*.

В 1954 г. были созданы сразу две дрейфующие станции: «Северный полюс-3» под начальством *Алексея Федоровича Трешникова* и «Северный полюс-4» во главе с *Евгением Ивановичем Толстиковым*. С этого времени на льдах Арктического бассейна стали постоянно действовать несколько дрейфующих станций. Когда одна из них выносится в опасный для дальнейшего дрейфа район, она эвакуируется, а взамен в исходном районе, как правило к северу от острова Врангеля, высаживается новая, которой присваивается очередной по счету номер.

С 1955 г. на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана ежегодно устанавливают автоматические радиометеорологические станции. Они позволяют следить за дрейфом льдов и основными элементами погоды и в тех районах, где людей нет.

Наблюдения и исследования в Северном Ледовитом океане дают исходные материалы, на основе которых специалисты Арктического и Антарктического научно-исследовательского института в Ленинграде и радиометеорологических центров на Диксоне, в Тикси и Певеке осуществляют всестороннее гидрометеорологическое руководство плаванием по Северному морскому пути.

Неузнаваемо изменилась за последние десятилетия и сама Арктика, ее побережье и острова Северного Ледовитого океана. В еще недавно диких и неизвестных местах круглосуточную вахту несут полярные станции и радиометцентры; работают гидрографические базы; построены крупные промышленные предприятия; появились и быстро растут благоустроенные города, насчитывающие десятки и даже сотни тысяч жителей.

Исследования Мирового океана в XX в.

Выше мы довольно обстоятельно познакомились с тем, как в течение XIX века менялось отношение к исследованию океанов и морей. Вот уже почти не осталось районов, не посещенных кораблями и не нанесенных на карту. Ученые и моряки не только хорошо знают особенности условий плавания в отдельных морях и проливах, режим погоды на главных морских трассах. Теперь уже ясно, что воды Океана едины, что существует прямая связь между явлениями в полярных морях и экваториальных водах, что сложные процессы, происходящие в океанах, определяют погоду на всей планете. Все это обусловливает новые подходы к исследованию океанов. Наряду с единичными кругосветными плаваниями, обеспечивавшими кратковременные посещения различных частей океана, начинаются систематические, повторяющиеся в разные сезоны и годы исследования отдельных районов. Все больше внимания уделяется моделированию процессов, происходящих в океанах: в искусственных бассейнах изучают механизм образования волн разного типа под действием ветра и сейсмики, схемы ветровых и приливных течений, исследуют теплообмен между водой и атмосферой и другие физические процессы. Много внимания уделяется и химизму вод, составу солей в Океане, для чего необходимы лабораторные анализы и эксперименты. Все это требует нового оснащения исследовательских кораблей, новых кадров ученых, налаживания международных контактов для изучения океанов. И результаты крупных плаваний становятся достоянием мировой науки.

Рубеж столетий оказался очень существенным для изучения Мирового океана. После знаменитых экспедиций на кораблях «Челленджер» (Англия, 1872—1876), «Витязь» (Россия, 1886—1889), «Фрам» (Норвегия, 1893—1896) и некоторых других складывается новая наука — океанография. Она изучает подразделения Мирового океана на естественные районы — океаны и моря, их глубины, химический состав и физическое состояние морских вод (их течения, температуру и т. д.). В первой четверти XX в. не только резко возрастает число экспедиций и техническое оснащение кораблей, но и разрабатывается общая теория океанографии.

В это время в ряде стран появились обобщающие труды, в которых дано подробное описание океанов: немецкого океанографа *Отто Крюммеля*, француза *Туле*, российского ученого-моряка *И. Б. Шпиндлера*. Замечательной оказалась книга *Ю. М. Шокальского* «Океанография», вышедшая в России в 1917 г.

Эта книга, удостоенная премии Российской Академии наук, подвела итог описательному этапу развития науки о море — океанографическому.

Значительно повышается и комплексность исследований. И в этой области очень велика роль русской науки.

Здесь первым следует назвать корабль «Андрей Первозванный», который начал работу в 1898 г. и вел ее до 1906 г. в Баренцевом море в составе Мурманской научно-промысловой экспедиции. Возглавлял ее известный впоследствии советский океанолог *Николай Михайлович Книпович*. Деятельность экспедиции была основана на принципе комплексности, взаимосвязанности различных процессов в океане.

В первые годы века проходили и другие интересные экспедиции. В том же Баренцевом море совершал плавание первый в мире мощный — 10 000 лошадиных сил! — ледокол «Ермак», построенный по проекту адмирала С. О. Макарова в Англии. Эта экспедиция дала очень интересный материал для оценки ледовых условий плавания. Несмотря на то что было лето (июнь), корабль зажало льдами, и он около месяца дрейфовал.

В 1901—1902 гг. в Карском, море Лаптевых и Восточно-Сибирском море работала экспедиция *Эдуарда Васильевича Толля*, которая привезла интересные материалы по морским льдам и географии берегов.

Наконец, на рубеже веков был сделан чрезвычайно важный организационный шаг, способствовавший быстрому росту молодой науки океанографии. На Географическом съезде в 1898 г. было решено создать Международный совет по изучению морей, и в 1902 г. такой Совет был создан. От России в его состав вошли С. О. Макаров и Н. М. Книпович. Первоначально руководимые Советом исследования ограничивались частью Мирового океана, омывающей берега Западной и Северной Европы. Но впоследствии этот Совет, активно действующий и сейчас, по существу возглавил исследование Океана. Одной из очень важных мер, предпринятых Советом, была стандартизация способов и мест наблюдений. Когда океанографические работы еще только начинались, разные страны и разные ученые вели такие наблюдения по-своему, и сравнивать работы разных стран и даже разных кораблей оказалось невозможно. Мало того, некоторые океанографические характеристики определялись по-разному. И если, например, измерение температуры по Реомюру, Цельсию и Фаренгейту нетрудно было пересчитать по одной шкале, в определении плотности воды были принципиальные расхождения в разных способах. В 1901 г. Совет издал «Гидрографические таблицы», в которых была дана единая система определения солености и плотности воды и некоторых других характеристик. Эти таблицы до сих пор лежат в основе всех последующих таблиц подобного типа. Главная их идея состоит в том, что все многообразие основных физико-химических характеристик вод океана приводится к сравнению с одним и тем же стандартом.

Наконец, Совет разработал так называемые стандартные разрезы. Дело в том, что станции метеорологической сети на суше твердо стоят каждая на своем месте. В открытом море, даже на сравнительно малой глубине, укрепить станции в определенных точках весьма трудно. Поэтому корабли должны приходить в эти точки через определенные сроки и в одно и то же время, чтобы производить наблюдения на определенных горизонтах. Такая система дает возможность строить карты и разрезы распределения характеристик для одного и того же момента времени, т. е. получать материалы, подобные синоптическим картам погоды. В этих работах принимали участие Великобритания, Германия, Дания, Норвегия, Швеция, а также некоторые другие страны. Россия свою часть работ вела на «Андрее Первозванном» в Баренцевом море и на других судах в Балтийском. Эта весьма сложная работа продолжается и теперь, как будет видно, она не только не завершена, но встречает все новые и новые трудности. Вскоре работу Совета пришлось приостановить — разразилась первая мировая война 1914 г.

Океанографические исследования велись не только в рамках Совета по изучению морей. В первые годы века много внимания уделялось полярным областям Мирового океана.

В Антарктике работали английские корабли «Дискавери» (1901—1904) и «Скотия» (1902—1904), немецкие «Гаусс» (1901—1903) и «Дейчланд» (1911—1912), французский «Пуркуа-па» (1908—1910) и др. В открытом океане наиболее значительным было плавание германской экспедиции на судне «Планет» (1906—1907) и норвежской «Михаил Сарс» (1910). В арктических водах плавали «Бельгика» (1905) и норвежские «Йоа» (1901), «Фритьоф» (1910) в Гренландском море. Русские суда «Таймыр» и «Вайгач» исследовали арктические воды от Берингова пролива до Карского моря (1913—1915). Эта экспедиция совершила величайшее географическое открытие первой половины нашего столетия — открыла, уточнила восточные берега Северной Земли.

Перерыв в исследованиях, вызванный войной, продолжался недолго. В нашей стране уже в 1921 г., после изгнания интервентов, возобновились работы на Кольском меридиане (33° 30′ в. д.) — одном из стандартных разрезов, принятых Международным советом по изучению морей, на котором наблюдения

начались в 1898 г. Мурманской научно-промысловой экспедицией. Наблюдения на этом разрезе, где теплые воды Гольфстрима проникают в Арктику, имеют важное климатологическое значение. Продолжительность наблюдений приближается к столетию.

Мурманская промысловая экспедиция вела свои исследования в тесном контакте с Мурманской биологической станцией, основанной в 1899 г.

1921 год можно с уверенностью считать годом рождения советской океанологии. 10 марта этого года В. И. Ленин подписал декрет о создании Плавучего морского научного института (Плавморнин). Первенцем советского исследовательского флота был «Персей». Плавморнин некоторое время являлся центром комплексных океанологических исследований в нашей стране, а затем на его основе были созданы другие учреждения, которые ведут океанологические работы.

Понятие «океанология», как наука о процессах в океане, прочно закрепившееся в нашей стране примерно с конца 30-х годов, по мнению многих исследователей, шире, чем «океанография». Дело даже не в том, что океанография, соответствующая времени своего расцвета, больше была описательной наукой об океанах и морях. Океанография много сделала для изучения физики и химии моря, воздействия океана на погоду Земли. Океанология кроме этих вопросов включает в себя исследование биологии океана, строения и развития морского дна.

Она исследует океан не сам по себе, а как часть гидросферы, в тесном взаимодействии с другими сферами планеты.

Очень важно отметить, что после потрясения, вызванного империалистической войной, молодая Советская республика первой, раньше других стран, стала продолжать начатые исследования.

Вскоре началось плавание замечательной норвежской экспедиции в Восточно-Сибирском море на корабле «Мод» (1922—1924), которая принесла чрезвычайно важные сведения о течениях, приливах и льдах, имеющие значение не только для района экспедиции, но и для развития теоретических основ науки о море. В этой экспедиции проявился талант *Х. У. Свердрупа* — впоследствии крупнейшего океанолога.

Видное место в исследовании океана занимает германская экспедиция на корабле «Метеор» (1925—1927), которой руководил *А. Мерц*. Эта экспедиция охватила систематическими наблюдениями почти весь Атлантический океан, применяя наиболее совершенные по тому времени приборы. Например, к 1912 г., когда была составлена первая карта глубин (батиметрическая) Мирового океана, имелось около 16 тыс. измерений, проведенных при помощи проволочного лота. А «Метеор» за два года собрал 68 тыс. измерений глубины при помощи эхолота — прибора, основанного на использовании скорости звука в воде.

Следующая важная экспедиция была проведена океанографами США на немагнитной шхуне «Карнеги» (1928—1929) под руководством Х. У. Свердрупа. К сожалению, судно это сгорело в бухте Апиа (Самоа), не успев закончить намеченные работы. Но все же экспедиция собрала весьма значительный материал о Тихом океане и по многим принципиальным вопросам науки о море.

Важную роль в дальнейших исследованиях сыграл Второй международный полярный год (2 МПГ, 1932—1933). Основные его задачи были связаны главным образом с метеорологией, климатологией, геофизикой и т. д., с тем чтобы выявить, какие изменения произошли за 50 лет после 1 МПГ (1882—1883). По предложению ученого секретаря Советского комитета 2 МПГ *Николая Николаевича Зубова*, в программу были включены и морские работы. Главный вклад здесь внесли советские ученые. В навигации 1932 и 1933 гг. во всех морях, омывающих берега Советского Союза, были проведены почти одновременные исследования, которые дали очень много и для познания отечественных морей, и для развития теоретических направлений океанологии.

Следующий, качественно новый шаг в науке о море опять-таки связан с научной деятельностью нашей страны. Это исключительная по смелости замысла и четкости осуществления экспедиция «Северный полюс» (СП-1, 1937). Четыре отважных исследователя *И. Д. Папанин, П. П. Ширшов, Е. К. Федоров* и *Э. Т. Кренкель* высадились на льдину около Северного полюса и, дрейфуя на ней несколько месяцев, собрали такой замечательный материал о характере дрейфа льдов, о распределении по глубине вод с разной температурой, о жизни организмов в морских глубинах и т. д., что тогда говорили о новом — после Нансена — открытии Северного Ледовитого океана. Впоследствии, после окончания второй мировой войны, исследования Арктики с дрейфующих станций получили широкое развитие.

В 1941 г. был использован новый прием изучения Арктики — при помощи самолета. Весной этого года самолет «СССР-Н-169» совершил несколько посадок на арктические льды в районе так называемого Полюса недоступности, к северо-востоку от острова Врангеля, причем в каждой точке были произведены океанологические наблюдения. Этот опыт принес необычайно плодотворные результаты, и в дальней-

Советское экспедиционное судно «Витязь» — плавучий научно-исследовательский институт.

Справа — советское научно-исследовательское судно «Академик Королев». На нем 29 лабораторий, оснащенных новейшим оборудованием.

Океанологи за работой (взятие пробы морского дна).

шем подобные операции проводились ежегодно по всей акватории Арктического бассейна.

Осенью 1939 г. разразилась Вторая мировая война, которая летом 1941 г. захватила и Советский Союз. Конечно, во время войны экспедиционные работы были прерваны, но обработка собранных ранее сведений продолжалась. В нашей стране появляются книги Н. Н. Зубова («Морские воды и льды», 1938, «Льды Арктики», 1941), В. В. Шулейкина («Физика моря», 1941), «Океанологические таблицы», второе, расширенное издание, 1941) и т. д. За рубежом выходит классическая книга Х. У. Свердрупа в соавторстве с Флемингом и Джонсоном. Эта книга, многократно переиздававшаяся, до сих пор считается одной из основополагающих в науке об Океане.

За время войны особенно хорошо развивались те вопросы океанологии, которые были насущно необходимы для победы. Дальше всего, и теоретически и экспериментально, продвинулись вперед прежде отставшие разделы науки: акустика и волнение.

Вскоре после окончания войны возобновились и экспедиционные работы. В нашей стране уже в 1944 г. начались работы в Белом и Карском морях. Но качественный перелом в постановке всех океанологических исследований произошел в 1949 г., когда вышел в море новый советский экспедиционный корабль «Витязь», воплотивший в себе идеи ленинского декрета о плавучем морском институте. Если «Персей» имел водоизмещение 450 т, скорость 6 узлов, продолжительность плавания 3 недели, лабораторий 5, научных сотрудников 16, то водоизмещение «Витязя» уже 5500 т, скорость поднялась до 13 узлов; он может без захода в порт плавать $2^1/_2$ мес., а в его 13 лабораториях одновременно работают 70 научных сотрудников, «Персей» мог работать на глубинах до 500—1000 м, «Витязь» способен исследовать предельные глубины океана (11 022 м). Первые же рейсы «Витязя», начавшиеся в Охотском, Японском и Беринговом морях и в северо-западной части Тихого океана, принесли огромное количество новых сведений, существенно изменивших карты этого района. «Витязь» начал новый период в изучении океана. Вскоре после первых экспедиций он вышел в открытый Тихий океан, затем в Индийский. Подобно «Персею», он является школой для молодых океанологов, которые теперь сами стали учителями следующего поколения.

За рубежом в послевоенные годы тоже усиливаются океанологические исследования. Кругосветные плавания совершают «Альбатрос» (Швеция, 1948), «Галатея» (Дания, 1949), «Челленджер II» (Англия, 1951—1952), которые приносят чрезвычайно много новых сведений о рельефе дна океана, о донных отложениях, о жизни в океане, о физических характеристиках его вод.

Развертывание работ отдельных стран, в числе которых выделяются Советский Союз, США, Япония, Англия, Дания и др., приводит к необходимости координации усилий всех стран. В 1955 г. США, Япония и Канада предприняли совместную океанографическую съемку северной части Тихого океана — больше двадцати кораблей в течение одного месяца покрыли однородными наблюдениями огромную акваторию.

На основании этой работы, а главным образом на опыте 2 МПГ создана новая организация — Международный геофизический год (МГГ, 1957—1958). В это время в Мировом океане работали многочисленные экспедиции целого ряда стран, по одинаковой программе, под единым руководством и с единой системой сбора и обработки всех результатов наблюдений. Успеху МГГ помогло и то, что в 1956 г. начались совместные международные исследования Антарктики. И не удивительно, что с общего согласия всех стран-участниц программа была продолжена еще на год (1959) под знаком «Международное геофизическое сотрудничество».

В Тихом океане основные исследования проводил советский корабль «Витязь», экспедиции на котором изучали течения, распределение температуры, соле-

ности и химического состава воды в океане, рельефа дна и донных отложений. Специальную задачу составляло изучение глубоководных впадин океана. По программе МГГ «Витязь» совершил несколько рейсов, в том числе первый — в западных областях Тихого океана севернее и южнее экватора, второй — в центральных районах. Благодаря этому было собрано огромное количество новых сведений, что позволило существенно изменить карту этого района Мирового океана.

В 1959 г. в Нью-Йорке состоялся Первый международный океанографический конгресс, вновь подтвердивший необходимость координировать работы различных стран по исследованию океана, составить единую программу таких исследований. Но и до разработки такой единой программы проводятся коллективные исследования отдельных океанов или их частей по специальным программам.

В 1959—1965 гг. проводилась Международная индоокеанская экспедиция. Ее начал 6 октября 1959 г. «Витязь». В этом плавании он прошел около 30 тыс. миль. На дне Индийского океана были обнаружены обширные возвышенности и отдельные горы. В глубинных слоях океанских вод обнаружено много неизвестных науке видов различных животных и рыб. А через год в Индийский океан направились корабли 15 государств. Начиная уже с 1962 г., по существующему Международному соглашению 22 стран об океанографических исследованиях Индийского океана, там ежегодно работает экспедиция на 30 судах.

Кроме «Витязя» в Тихом океане ведут исследования и другие советские корабли.

В тропической зоне Атлантического океана и в Гвинейском заливе с 1958 г. находится экспедиция десяти стран — СССР, США, Франции, Англии и др. В этой части Мирового океана проводит большую работу советское судно АН СССР «Михаил Ломоносов» и научно-исследовательские рыболовные траулеры.

В 1963—1964 гг. проведено три цикла операции «Эквалант» в экваториальной части Атлантического океана силами десятка стран. В 1966 г. в проливе между Исландией и Фарерскими островами проходила операция «Оверфлоу» («Перелив») с участием 14 судов десяти стран. С 1965 г. началась операция «СИК» (Совместное изучение течения Куро-Сио), продолжающаяся и сейчас; уже на первых этапах в ней приняло участие 40 кораблей семи стран. В этих предприятиях наша страна ведет весьма значительные работы на кораблях «Витязь», «Михаил Ломоносов», «Академик Курчатов» и т. д.

В 1965 г. начались работы по программе Международного гидрологического десятилетия. Их цель — изучение вод суши, что важно и для океана, так как реки впадают в него. Более ста стран будут участвовать в этих исследованиях.

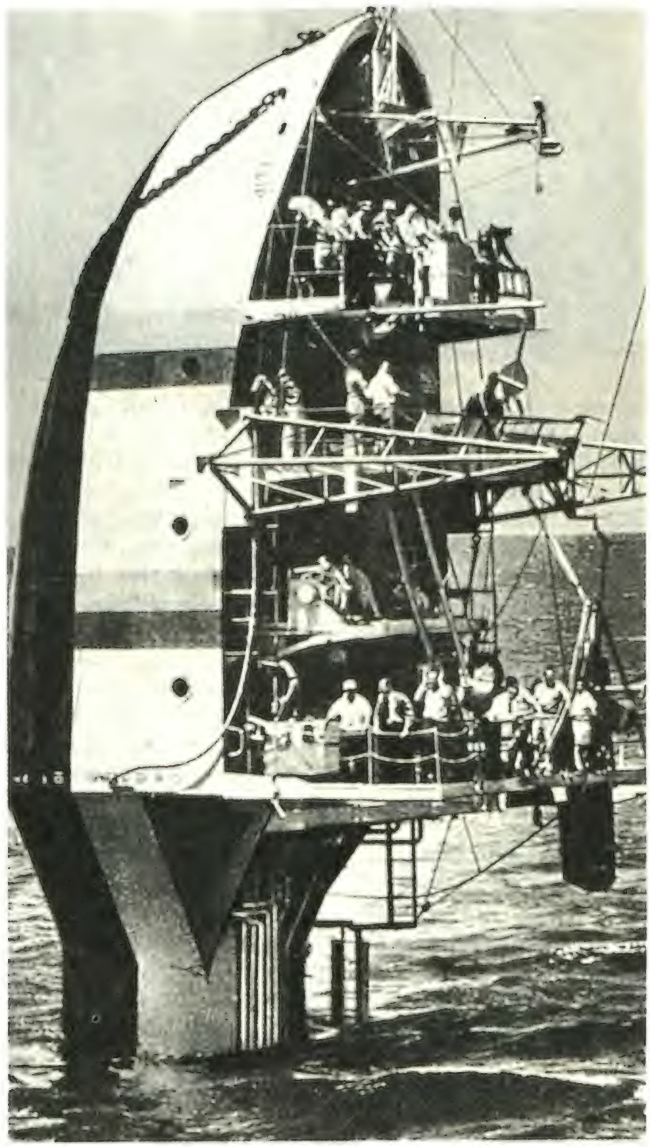
В мае — июне 1966 г. в Москве проходил Второй океанографический конгресс под лозунгом «Океан на благо человека». На нем было решено проводить начиная с 1967 г. пятилетние исследования по Международной биологической программе с целью учета биологической продуктивности океана, значение которой в обеспечении человечества непрерывно возрастает.

В 1967 г. в Баренцевом море работала экспедиция СССР, Норвегии и Англии. Целью ее было определение «урожайности» рыб. На следующий год эти работы были продолжены 4-й океанографической экспедицией тех же трех названных стран. Кроме прочих работ была проведена океанографическая съемка Баренцева моря и восточной части Норвежского моря.

Современная океанология развивается в двух главных направлениях: детализации подробностей знания отдельных процессов и создания крупных теоретических обобщений. В ее развитии немалую роль должны сыграть налаживаемая сейчас Международная система постоянных океанологических станций в открытом океане (ОГСОС) и экспедицион-

Научно-исследовательское судно «Флип» (США) длиной 108 м и водоизмещением 600 т, заполнив балластные цистерны, вертикально погружается в воду на глубину до 100 м. На четырех рабочих этажах располагаются сотрудники и экипаж.

На снимках фазы перехода «Флипа» в рабочее положение.



ные исследования отдельных районов Мирового океана, которые проводятся объединенными силами многих стран.

Океанология решает много теоретических и практических задач, которые можно сгруппировать в несколько основных направлений исследований. Одно из них обеспечивает интересы службы погоды и климатологии. Оно рассматривает не только влияние океана на погоду, но и основные закономерности изменения во времени температуры воды, ее солености и т. д.

Другое направление связано с теоретическими океанологическими проблемами (движение океанических вод, система течений, перенос ими наносов и т. д.). Третье, весьма интенсивно разрабатываемое в нашей стране,— комплексное направление, рассматривая кроме физических и химических вопросов также биологические и геологические, главное внимание уделяет взаимосвязи и взаимообусловленности различных явлений в океане, рассматривает его как единое целое.

Наконец, большое значение имеют и оперативные, прикладные исследования, связанные с разведкой льдов, поиском рыбы, проектированием портов и другими запросами практики. При этом резко повышается техническое оснащение океанологии.

Прежде всего повышается класс кораблей. К 70-м годам флагманом советского исследовательского флота стал корабль «Академик Курчатов», еще более крупный, чем «Витязь», оснащенный электронной аппаратурой, вычислительными машинами, разнообразными самописцами по очень тонким характеристикам вод и дна океана.

После войны появились и совсем новые средства исследования, одно перечисление которых может показать характер развития технических средств в области океанологии: подводные лодки («Северянка», СССР. 1950), батискафы («Триест», США, 1957,

Первая «деревня» на дне океана. В Красном море на глубине 15 м группа акванавтов под руководством Жака-Ива Кусто проверяет возможность существования человека под водой в течение длительного времени.

и др.), аквалангисты, «прыгающее блюдце» («Дениз», Франция, 1959), «плавающая труба» («Флип», США, 1962), подводные дома (Франция, США, СССР — «Черномор»-68 и -69), система космических спутников и т. п.

Резко возросла точность определения основных океанологических характеристик — в целом в 10 раз, а в некоторых отношениях, главным образом в отношении геологических исследований, еще больше.

Океанологические исследования в XX в. приобрели международный характер. Недаром важность изучения океана сравнивалась с космическими исследованиями. Ведь исследование океана связано с перспективами обеспечения человечества пищевыми, минеральными и энергетическими ресурсами и даже с обеспечением водой, не говоря уже о текущих практических интересах промысла, транспорта, службы погоды и т. д.

Советская океанологическая наука по объему работ, их техническому оснащению, а главное, по широте научных исследований занимает одно из первых мест в мире. Программы советских исследований поражают своей масштабностью.

Человек покоряет глубины океана

Погружение человека в океан сначала преследовало чисто практические цели: ремонт подводных частей кораблей или портовых сооружений и т. п. И только много лет спустя человек стал погружаться в глубины океана с научными целями. Но осуществление этой давнишней мечты человека было связано с чрезвычайно большими трудностями. Прежде всего, человека надо было изолировать от огромного давления воды. Давление столба воды высотой 10 м равно 1 атм. Но при погружении человека на эту глубину к давлению воды прибавляется еще давление столба положенного над ней воздуха, равное также 1 атм. Таким образом, находясь на глубине 10 м, человек испытывает уже давление в 2 атм.

Первый подводный аппарат для погружения человека, так называемый водолазный колокол, был построен в 1538 г. в испанском городе Толедо и испытан на реке Тахо. В 1660 г. немецкий физик И. Х. Штурм и в 1717 г. английский астроном и геофизик Э. Галлей построили более совершенные водолазные колоколы. Колокол Галлея, несмотря на то что был деревянным, погружался на глубину 20 м и имел специальное отверстие для выдыхания воздуха. В 1719 г. крестьянин подмосковного села Покровское Ефим Никонов предложил первое автономное водолазное снаряжение и создал проект первой подводной лодки, которую он назвал потаенным судном. По указанию Петра I такое судно было построено, но при испытаниях его повредили. После смерти Петра I правительство отказало Никонову в необходимых для ремонта судна средствах, и изобретение было забыто.

В дальнейшем появилось много новых конструкций водолазного снаряжения, но только в последней четверти XIX в. удалось создать такие технические устройства, которые позволили человеку свободно работать под водой. В 1882 г. открылась первая в России водолазная школа, что сыграло большую роль в развитии водолазного дела. В 1930 г. наши водолазы опускались на глубины 100—110 м в специальных скафандрах. В настоящее время водолазные скафандры позволяют человеку погружаться на глубины более 200 м. Эти тяжелые водолазные костюмы предназначены для спасательных, ремонтных и других работ.

Исследователям морей и океанов нужны были легкие водолазные аппараты, обеспечивающие большую подвижность человека под водой. Такие аппараты — акваланги — были созданы в 40-х годах XX в. французскими инженерами. Рекордная глубина погружения человека в акваланге около 100 м.

Но ни тяжелые, ни тем более легкие водолазные костюмы не обеспечивают погружение человека на большие глубины.

Примитивный скафандр (гравюра).

Гидростат «Север-1».

Батискаф «Триест».

Ученые и инженеры многих стран разработали подводные аппараты — гидростаты и батисферы, которые опускались с судна на стальных тросах.

В СССР гидростат был построен в 1923 г., и в течение многих лет на нем велись работы в Черном море и Финском заливе. В последующие годы в нашей стране построены усовершенствованные гидростаты ГКС-6, «Север-1» и др. С их помощью можно было погружаться на глубину 600 м. В США, Италии и других странах также были построены гидростаты.

В 40-х годах появились новые подводные аппараты — батискафы, которые могли самостоятельно погружаться и всплывать с больших глубин. Первый батискаф был создан в 1948 г. швейцарцем О. Пикаром и назван ФНРС-2. Первое погружение на нем совершено в Атлантическом океане до глубины лишь 25 м. Второй спуск был осуществлен без людей до глубины 1400 м.

В августе 1953 г. Ж. Гуо и П. Вильм на батискафе ФНРС-3 совершили погружение на глубину 2100 м. Этот рекорд просуществовал лишь полтора месяца. В конце сентября 1953 г. О. Пикар и его сын Ж. Пикар на батискафе «Триест» у берегов Западной Африки достигли глубины 3150 м. Но в феврале 1954 г. Ж. Гуо и П. Вильм в этом же районе океана погрузились до глубины 4050 м и установили новый рекорд.

В 1957 г. США приобрели и переоборудовали «Триест», и в 1959 г. началась новая серия рекордных погружений. 15 ноября 1959 г. в районе Марианских островов Тихого океана «Триест» достиг глубины 5530 м, а 8 января 1960 г.— 7025 м. В обоих этих погружениях участвовал Жак Пикар, в первом случае с Андреасом Рехнитцером и во втором с Доном Уолшем.

23 января 1960 г. отмечено величайшим событием в истории проникновения человека в глубины океана. Жак Пикар и Дон Уолш погрузились на батискафе «Триест» в Марианской впадине Тихого океана и достигли дна на глубине 10 912 м (максимальная глубина Мирового океана в этой впадине 11 022 м). «Триест» оставался на дне Марианской впадины в течение 30 минут. Ученые воочию убедились в том, что, несмотря на огромное давление (1100 атм), самые глубинные слои воды океана населены живыми организмами. Исследователи измерили температуру (+3,0° С) и радиоактивность воды у самого дна впадины.

В СССР, США, Японии и других странах ученые и инженеры работали также над созданием управляемых подводных аппаратов для исследования средних глубин. Такими аппаратами стали научные океанографические подводные лодки и мезоскафы. Пока большее распространение получили подводные лодки. Первая из них — «Северянка» была оборудована в СССР и с 1958 г. ведет исследования в Баренцевом море.

В США в 60-х годах построили двухместные лодки-малютки «Кабмарин» и «Наутилетте» для биологических и геологических исследований на малых глубинах. Такова же вместимость и подводной лодки «Элвин», глубина ее погружения достигает 1850 м. Четырехместная лодка «Алюминаут» достигает 4500 м. В Японии в 1960 г. построили научно-исследовательскую четырехместную лодку «Куро-Сио», рассчитанную на погружение до 200 м, а в 1968 г. четырехместную научно-исследовательскую подводную лодку «Шинкай». Она предназначена для океанографических, рыбопромысловых и геологических наблюдений на глубинах до 600 м.

Другой вид подводного аппарата — двухместное «ныряющее блюдце» «Дениза» построено во Франции. Этот аппарат представляет собой компактную плоскую конструкцию диаметром лишь 2,85 м и высотой 1,4 м. Он транспортируется на судне и по мере необходимости погружается в воду. «Дениза» может совершать плавание на глубинах до 300 м и на расстоянии 3 миль (5,5 км).

Изучение и освоение глубин мирового океана связано с именем французского исследователя Жака Ивона Кусто. Начиная с 1962 г. он провел ряд экспериментальных исследований по длительному пребыванию людей на глубине. Сначала был создан стальной цилиндр «Диоген», «подводные дома» «Морская звезда» и «Ракета», а затем «небоскреб», высотой 64 м, из которых 14 м были на поверхности моря. Обитатели «подводных домов» исследовали глубины с помощью современных приборов, а также выходили в открытый океан с аквалангами. Книги и замечательные кинофильмы Жака Ивона Кусто и его сотрудников во многом способствовали популяризации знаний о морских глубинах.

Покорение человеком глубин океана имело чрезвычайно большое значение, особенно для изучения живых организмов и геологии дна. С помощью подводных аппаратов были получены новые данные об оптических и акустических свойствах воды океанов и морей.

Ледяной материк на юге

На крайнем юге нашей планеты лежит большой континент Антарктида — мертвая, холодная ледяная пустыня. Долго она оставалась недоступной для людей. Лишь 28 января 1820 г. русская научная экспедиция под командованием *Фаддея Фаддеевича Беллинсгаузена* и *Михаила Петровича Лазарева* на шлюпах «Восток» и «Мирный» впервые подошла к высокому обрыву антарктического берега. На 69° 23′ ю. ш. и 2° 35′ з. д. с кораблей увидели заснеженные склоны Антарктиды.

751 день продолжалось плавание русских кораблей. «Восток» и «Мирный» несколько раз приближались к берегам Антарктиды. В антарктических водах экспедиция открыла многие острова. Самый первый из них был назван именем Петра I.

Изучение земного магнетизма и открытие в 1831 г. магнитного полюса в Северном полушарии повысило интерес ученых к Южному материку. Здесь находился Южный магнитный полюс Земли. В 1840 г. положение магнитного полюса в Южном полушарии безуспешно пыталась определить американская экспедиция *Чарлза Уилкса*, самая крупная среди антарктических экспедиций XIX в. Поход четырех кораблей вдоль берегов Восточной Антарктиды от 160° до 97° в. д. позволил нанести на карту более 1000 миль побережья.

В 1840 г. англичанин *Джеймс Росс* на кораблях «Эребус» и «Террор» продолжил исследование Антарктики. 27 января 1841 г. с кораблей увидели два вулканических конуса. Вулканы — действующий и потухший — назвали в честь кораблей экспедиции Эребус и Террор. На следующий день Росса ждало самое удивительное открытие: корабли оказались у отвесной ледяной стены, уходящей за пределы видимости. Она поднималась прямо из воды и имела высоту 45—60 м. Заглянуть за ледяной барьер не удавалось даже с мачт корабля. Несколько дней плыли суда вдоль стены изо льда. Позади остались 400 км, море стало замерзать. Пришлось уходить на север. Магнитный полюс по расчетам должен был находиться в 300 км к югу, среди льдов Земли Виктории, открытой экспедицией Росса.

К загадочной ледяной стене Росс вернулся на следующий год. Его корабли прошли еще дальше на восток вдоль ледяного обрыва, но и на этот раз не увидели его конца; впоследствии выяснилось, что барьер этот тянулся на 800 км и оказался северным краем огромного плоского ледника. Его назвали Ледяным барьером Росса.

После этого в антарктических водах плавали многие корабли. Но прошло 75 лет после открытия Антарктиды, прежде чем человек впервые ступил на Южный материк. Им был переселившийся в Австралию молодой норвежец-естествоиспытатель *Карстен Бо́рхгревинк*. Мечтая попасть в Антарктику, он в 1894 г. нанялся матросом на китобойное судно, которое отправлялось на промысел. На обратном пути, 24 января 1895 г., когда корабль проходил неподалеку от мыса Адэр, Борхгревинк уговорил капитана спустить шлюпку. Несколько часов он провел на берегу материка, собрал образцы горных пород и растений. Это укрепило его стремление организовать здесь зимовку.

Несколько лет ушло на подготовку первой материковой экспедиции. Прибыв в Антарктиду на корабле «Южный крест», Борхгревинк в 1899 г. вместе с девятью спутниками впервые остался зимовать на мысе Адэр.

С этого времени в разных местах на побережье стали возникать зимовочные базы экспедиций. С первых лет нашего века исследователи устремились в глубь материка. Их главной целью было достичь Южного полюса.

В ноябре 1902 г. к Южному полюсу отправляется англичанин *Роберт Скотт* с двумя спутниками. Путь на юг по ледникам, вдоль горной цепи, среди трещин, снежных сугробов был мучительно тяжелым. На 82° 17′ ю. ш. оказалось, что продуктов питания осталось только на обратный путь. Пришлось возвращаться.

В феврале 1908 г. в Антарктиду прибыла другая английская экспедиция, руководимая спутником Роберта Скотта *Эрнестом Ше́клтоном*. Партия в 15 человек осталась зимовать, чтобы антарктической весной отправиться в дальние походы. В начале октября участники экспедиции Эджуорт Де́йвид, Дуглас Мо́усон и Алифтер Ма́ккай вышли с мыса Ройдс к Южному магнитному полюсу и через 122 дня трудного пути достигли его, а 29 октября к Южному полюсу отправился Шеклтон с тремя спутниками. Они не дошли до полюса 180 км и на 88° 23′ повернули обратно, так как им грозила гибель от голода. С огромным трудом, больные и обессиленные, прошли полярники 1200 км и вернулись на побережье.

Скотт, не оставивший надежду достичь Южного полюса, в июне 1910 г. снова отправился в Антарктиду. В том же году в Антарктиду на судне «Фрам» устремился норвежец *Руал Амундсен*. С острова Мадейра Амундсен отправил письмо Скотту, извещая его о своем намерении открыть Южный полюс. Между норвежской и английской экспедициями возникла борьба за первенство.

Путь, намеченный Амундсеном к полюсу, был короче маршрута Скотта на 100 км. Кроме того, Амундсен имел более четкий план похода, испытанный полярный транспорт — собак, да и участники

Корабль Южно-полярной экспедиции Роберта Скотта «Терра-Нова».

его экспедиции были лучше физически подготовлены. Движение к полюсу и обратно Амундсен рассчитал по дням. По пути норвежцы оставляли склады с продовольствием и, чтобы отыскать их, строили из снежных кирпичей высокие пирамиды. Когда кончились запасы, норвежцы застрелили 24 собаки (в заранее рассчитанный день). Их мясом они питались сами и кормили оставшихся собак. 14 декабря 1911 г. Амундсен с четырьмя товарищами дошел до Южного полюса и благополучно вернулся в Китовую бухту, где его ожидало судно.

Судьба экспедиции Скотта сложилась трагически. В 1910 г. Скотт высадился на северо-западном берегу моря Росса, где и остался на зимовку. Основным транспортом у него были лошади, которые плохо переносили суровые полярные условия. Еще до похода часть из них англичане потеряли.

После зимовки, 2 ноября 1911 г., партия Скотта вышла с мыса Хижины в направлении к полюсу. Амундсен в это время уже две недели находился в пути. Скотту не везло и с погодой. Частая пурга наметала снежные сугробы, в которых лошади вязли и выбивались из сил. 9 декабря пришлось застрелить всех оставшихся лошадей — кончился корм. Дальше люди тащили сани на себе. 17 января 1912 г., достигнув точки полюса, изможденные англичане увидели палатку и норвежский флаг, поставленные группой Амундсена почти за месяц до этого дня. Всю обратную дорогу Скотт и его спутники голодали, сильно мерзли, теряли последние силы. Раны на обмороженных местах не заживали. Погода задерживала движение, и это вынуждало сокращать рацион питания. 21 марта 1912 г., застигнутые сильной пургой, путешественники разбили лагерь. Здесь, всего в 20 км от склада с продуктами, их настигла смерть. Из дневников, найденных позже, мир узнал о причинах трагедии.

С каждым годом все больше экспедиций отправлялось в Антарктиду. На побережье в нескольких местах появились станции разных государств. Особенно значительны были научные результаты объединенных британско-австралийско-новозеландских экспедиций *Дугласа Моусона* (1911—1914, 1929—1931) и четырех американских экспедиций *Ричарда Бэрда* (с 1928 по 1947 г.).

Интерес к Антарктиде все возрастал, но значительные участки побережья и вся внутренняя часть материка оставались почти неисследованными. Нужны были согласованные и объединенные усилия ученых многих специальностей, чтобы огромный материк перестал быть для науки «белым пятном». В программе Международного геофизического года (МГГ, 1957—1958) изучение Антарктиды заняло особое место. На материке и соседних островах было создано 50 научных станций. В исследованиях участвовали ученые СССР, США, Англии, Австралии, Новой Зеландии, Франции, Бельгии, Японии, Чили, Аргентины, Норвегии.

Советский Союз направил экспедицию в Антарктиду в 1955 г., чтобы заранее подготовиться к исследованиям по программе МГГ. Первую советскую антарктическую экспедицию возглавил Герой Советского Союза доктор географических наук *Михаил Михайлович Сомов* — опытный полярник. Советскую станцию строили на берегу моря Дейвиса. На скалистых холмах и материковом льду выросли два десятка домиков — лаборатории, мастерские, радио- и электростанция, жилища для зимовщиков. В начале 1956 г. в торжественной обстановке была открыта обсерватория «Мирный»; на радиомачте был поднят Государственный флаг СССР.

В начале апреля 1956 г. из Мирного отправился санно-тракторный поезд. За месяц очень тяжелого пути по неведомым местам тракторы прошли 375 км. Здесь санные домики соединили вместе в единое здание. Станцию назвали Пионерской. Там поселились четыре человека — двое ученых, радист, механик. На ледниковом куполе Антарктиды люди

Дом в Антарктиде, построенный Р. Скоттом в 1902 г. Отсюда он предпринял попытку достичь Южного полюса.

Справа — комната в хижине Эрнеста Шеклтона — исследователя Антарктики. Здесь сохранились продукты, оставленны 50 лет назад.

остались на зимовку. Условия жизни были тяжелые. Кругом бескрайняя снежная пустыня. Высота над уровнем моря 2700 м, дышать трудно. Термометр нередко показывал —50°, —60°, притом почти всегда дули штормовые ветры.

Только через полгода оказалось возможным заменить первых зимовщиков. Четыре советских полярника выполнили обширную программу исследований. В середине зимы, когда полеты стали невозможными, зимовщиков на Пионерской связывало с внешним миром только радио.

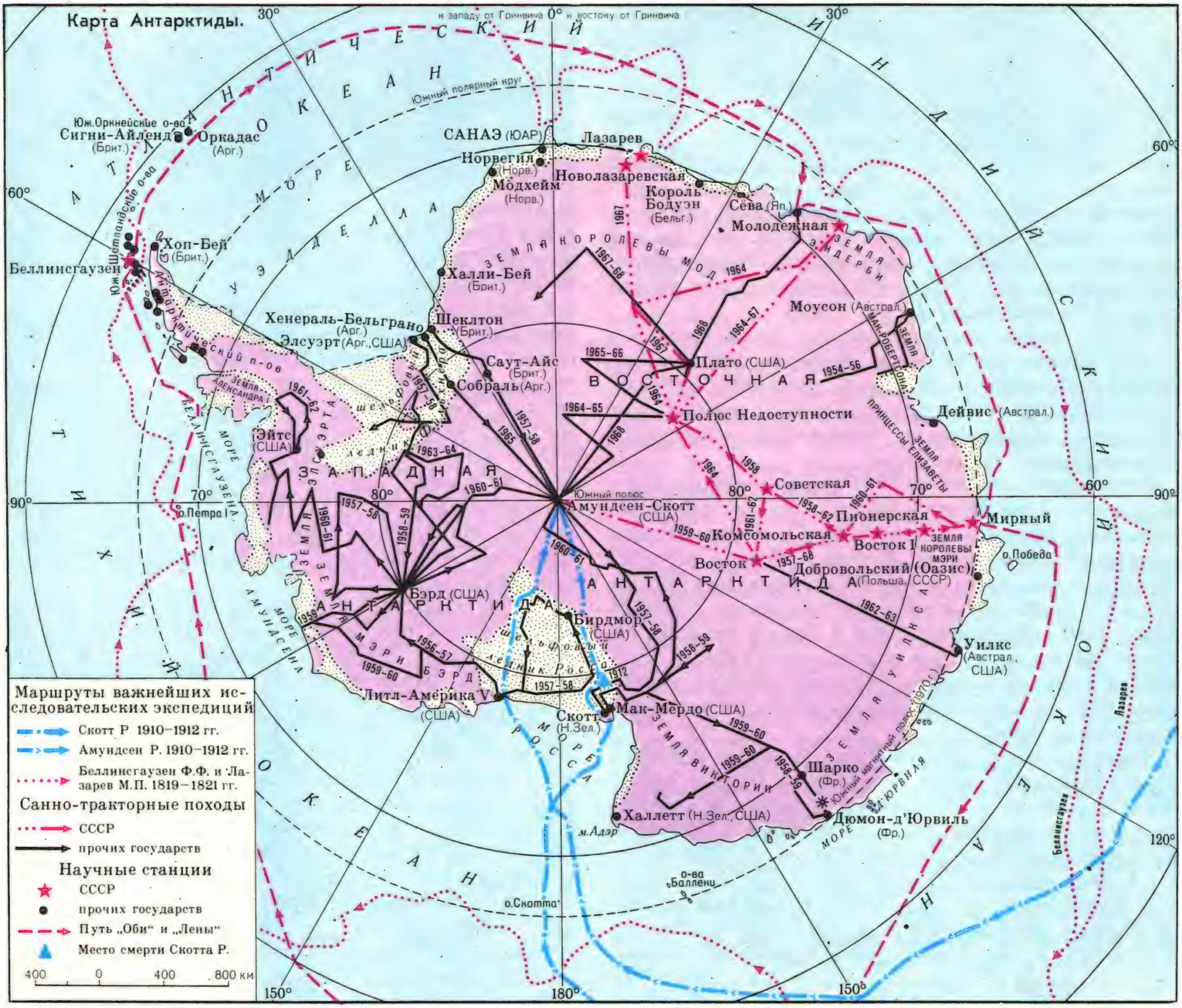
Антарктическим летом 1957 г. в Мирный прибыла вторая смена исследователей, и с тех пор советские ученые не прекращают изучение антарктического материка ни на один год. Вторая советская экспедиция привезла в Антарктиду 10 мощных тягачей. На них еще до наступления зимы совершили пробный поход до Пионерской, а затем в начале февраля отправилась в путь группа гляциологов. Ученые определили толщину ледника и рельеф каменной поверхности подо льдом в нескольких местах между Мирным и Пионерской.

Через несколько дней из Мирного вышел еще один санно-гусеничный поезд. Три тягача тащили шесть саней с домиками для жилья, с радио- и электростанцией, строительными материалами и горючим. За три недели поезд прошел 850 км. Дорога оказалась очень тяжелой. Тягачи буксовали, и приходилось отцеплять одни сани, чтобы потом возвращаться за ними. Морозы достигали —67°, снег был сухим и жестким, и сани очень плохо скользили. Самолеты, доставлявшие горючее, подолгу не могли взлететь — примерзали лыжи. Летчики жгли на снегу перед самолетными лыжами ветошь, снег превращался в ледяную корку, и только тогда самолеты начинали разбег и взлетали.

Поход к геомагнитному полюсу начался 27 февраля 1957 г., но достичь места назначения удалось только через 9 месяцев. Наступившая зима заставила остановиться на зимовку в 640 км от Мирного. Санный поезд превратился во временную станцию Восток-1. Часть тягачей вернулась зимовать в Мирный. 8 октября 1957 г. тягачи снова вышли из Мирного. 30 ноября станция Восток-1 была свернута. 16 декабря 1957 г. в 1410 км от Мирного на высоте 3420 м над уровнем моря вступила в строй советская обсерватория «Восток». Она создана на Южном геомагнитном полюсе.

Третья советская экспедиция развернула работу уже на шести постоянных станциях. Три из них — Комсомольская, Восток, Советская — находились во внутренних частях Антарктиды. Через все эти станции проходил путь научного поезда. 14 декабря 1958 г. советские полярники достигли Полюса относительной недоступности. Так называют место наиболее далекое и труднодостижимое, расположенное в самом центре Антарктиды на высоте 3720 м над уровнем моря. Во время четвертой экспедиции советские ученые совершили поход к Южному географическому полюсу, которого они достигли 26 декабря 1959 г. Участников похода встретили американские зимовщики станции Амундсен — Скотт.

Каждая следующая экспедиция расширяла исследования, проникала в новые неведомые районы. Вы-


Карта Антарктиды.
Маршруты важнейших исследовательских экспедиций
Скотт Р 1910–1912 гг.
Амундсен Р. 1910–1912 гг.
Беллинсгаузен Ф.Ф. и Лазарев М.П. 1819–1821 гг.
Санно-тракторные походы
СССР
прочих государств
Научные станции
СССР
прочих государств
Путь „Оби“ и „Лены“
Место смерти Скотта Р.
400 0 400 800 км
к западу от Гринвича 0° к востоку от Гринвича
Южный полярный круг
АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН
ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН
ТИХИЙ ОКЕАН
МОРЕ УЭДДЕЛА
МОРЕ БЕЛЛИНСГАУЗЕНА
МОРЕ АМУНДСЕНА
МОРЕ РОССА
МОРЕ Д'ЮРВИЛЯ
ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА
ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИДА
Юж. Оркнейские о-ва
Сигни-Айленд (Брит.)
Оркадас (Арг.)
Юж. Шетландские о-ва
Хоп-Бей (Брит.)
Беллинсгаузен
Антарктический п-ов
Земля Александра I
САНАЭ (ЮАР)
Норвегия (Норв.)
Модхейм (Норв.)
Лазарев
Новолазаревская
Король Бодуэн (Бельг.)
Сёва (Яп.)
Молодежная
Земля Королевы Мод
Земля Эндерби
Халли-Бей (Брит.)
Хенераль-Бельграно (Арг.)
Шеклтон (Брит.)
Элсуэрт (Арг., США)
Саут-Айс (Брит.)
Собраль (Арг.)
шельфовый ледник Фильхнера
Плато (США)
Моусон (Австрал.)
Земля Мак-Робертсона
Полюс Недоступности
Дейвис (Австрал.)
Земля Принцессы Елизаветы
Эйтс (США)
Земля Элсуэрта
Южный полюс
Амундсен-Скотт (США)
Советская
Пионерская
Комсомольская
Восток
Восток I
Мирный
Земля Королевы Мэри
Добровольский (Оазис) (Польша, СССР)
о. Победа
о. Петра I
Земля Мэри Бэрд
Бэрд (США)
Бирдмор (США)
шельфовый ледник Росса
Литл-Америка V (США)
Скотт (Н.Зел.)
Мак-Мердо (США)
Уилкс (Австрал., США)
Земля Уилкса
Земля Виктории
Шарко (Фр.)
Южный магнитный полюс (1970 г.)
Халлетт (Н.Зел., США)
Дюмон-д'Юрвиль (Фр.)
м. Адэр
о-ва Баллени
о. Скотта
Беллинсгаузен
Лазарев
1957–58
1958–59
1959–60
1960–61
1961–62
1962–63
1963–64
1964–65
1964–67
1965–66
1967–68
1954–56
1956–57
1958–62
1957–68
1912
1964
1965
1966
1967
1968
1958
1959
30° 60° 70° 80° 90° 120° 150° 180°

Поселок Мирный связан с Большой землей самыми современными видами связи.

Дом в поселке Мирный. Такому сооружению не страшны снежные бури и заносы.

дающимся был поход из Мирного через станцию Восток и Полюс недоступности к советской станции Молодежная на Земле Эндерби, проделанный во время девятой экспедиции в 1963—1964 гг. Значительная часть пути проходила по местам, которых человеческий глаз еще никогда не видел. Успешное изучение ледникового покрова проводилось в 1963—1964 гг. и в 1969—1970 гг. объединенным советско-французским гляциологическим отрядом. В последующие годы наши исследователи пересекли южнополярный материк от Мирного через Полюс недоступности до станции Новолазаревская.

С ноября 1957 г. по март 1958 г. группа английских ученых прошла весь материк от моря Уэдделла через Южный полюс до моря Росса. Американские экспедиции со своих баз на берегу и в глубине материка (Литл-Америка, Бэрд, Мак-Мердо, Амундсен — Скотт) также отправлялись в продолжительные научные походы. Маршруты в глубь материка совершили австралийцы, японцы, французы.

Программа изучения Антарктиды очень обширна и разнообразна: исследуются изменения и перемещения воздушных масс, толщина, направление и скорость движения ледников, горные породы и геологическое строение, магнитные явления и земные токи, полярные сияния, прохождение радиоволн, океанические течения и ледовитость морей.

Что нам известно об Антарктиде

Несколько десятилетий потребовалось, чтобы получить правильное представление об антарктическом ледяном куполе. Его размеры немногим меньше 14 млн. км². В центральной части поверхность ледяного щита поднимается до высоты примерно 4 тыс. м над уровнем моря. К краям высота ледника постепенно снижается. Почти вокруг всего материка ледник обрывается в море отвесной стеной 15—40 м высотой. Только в нескольких местах у края ледника выступают каменистые участки суши — антарктические оазисы или горы, отделяющие ледниковый щит от моря. Такого огромного массива льда больше нет нигде на земном шаре. Второй по величине Гренландский ледниковый щит в 7 раз меньше.

Ледяной покров в Антарктиде неоднороден. Здесь встречаются различные виды ледников. Огромное пространство Центральной Антарктиды — плоская заснеженная равнина, но у окраин материка картина меняется. К побережью лед спускается то пологими, ледяными скатами, то гигантской лестницей разбитого трещинами льда. Подобно застывшим рекам, по ледяным ложбинам сползают ледяные потоки в океан — их называют *выводными ледниками*. Они обычно движутся со скоростью нескольких метров в сутки, в других местах скорость движения льда значительно меньше.

На многих участках ледниковый покров переходит в *шельфовые ледники* — огромные прибрежные ледяные плиты, частью лежащие на морском дне, а частью плавающие и опирающиеся на выступы морского дна. Шельфовые ледники имеют сотни метров толщины. Самый крупный из них — шельфовый ледник Росса. Его площадь более 500 тыс. км². Всего же вокруг материка около 15 крупных шельфовых ледников. Их общая площадь равна примерно $^1/_{10}$ поверхности всего ледяного покрова материка.

Чтобы определить толщину льда Антарктиды, геофизики произвели более 7500 измерений. Но это позволяет получить лишь общее представление о ледниковом покрове.

Средняя толщина льда для всего материка близка к 2 тыс. м. В центральных районах Антарктиды толщина льда различна — от 640 м до 4 тыс. м.

Объем льда во всех ледниках антарктического материка приблизительно равен 24 млн. км³. Количество воды, которая получилась бы из этого льда, в сотни раз больше запаса пресной воды во всех реках и озерах земного шара.

Ученые решили и еще одну очень важную для науки задачу. Они изучили геологическое строение и рельеф скал под толщей антарктического льда. Оказалось, что антарктический материк состоит из двух частей. Большая из них — Восточная Антарктида — находится против Африки и Австралии. Меньшая — Западная Антарктида — расположена с американской стороны.

Подо льдом Восточной Антарктиды находится единый монолитный материк, возвышающийся над

Советский дизель-электроход «Обь» у берегов Антарктиды.

Колоссальные массы льда делают Антарктиду природным холодильником нашей планеты.

уровнем моря. По размерам он близок к Австралии (более 8 млн. км^2). В западной Антарктиде ложем ледниковому покрову на больших пространствах служит океанское дно. В некоторых местах основание ледника опущено на 1500 и даже 2500 м ниже уровня моря. Подледная суша здесь состоит из нескольких групп больших островов.

Советские ученые впервые составили карту подледного рельефа всего материка. На ней видна каменная Антарктида с горными хребтами, обширными равнинами и впадинами. Такой она была не так уж давно (по геологическим понятиям) — всего 30—60 млн. лет назад. Найденные в пластах горных пород остатки древесины указывают на вполне благоприятный для растительности доледниковый климат Антарктиды. Теперь же Антарктида — совершенно безжизненная пустыня, холодная и суровая.

В центре материка на станции Восток зимняя температура —60°, —70° довольно обычна, нередко она снижается до —80°. Летом (в декабре — январе) температура —25°, —30° — редкая «жара». В августе 1960 г. на станции Восток отметили морозный рекорд — 88,3°. Такой низкой температуры у поверхности Земли нигде никогда на земном шаре метеостанции не измеряли.

На побережье столь лютых морозов не бывает. Обычная зимняя температура (июль — сентябрь) в Мирном —15°, —20°, реже —30°, лишь иногда она опускается до —40°, но зато береговая полоса Антарктиды — это настоящий ветряной пояс. Штормы и ураганы зимой с апреля до сентября почти не прерываются. В году бывает не меньше 200—230 дней,

Советская исследовательская внутриконтинентальная станция Восток, основанная в 1957 г. в районе Южного геомагнитного полюса. Здесь находится полюс холода нашей планеты.

когда ветер дует со скоростью больше 15 м/с, а случалось, что скорость ветра достигала 50—55 м/с. Такой ветер перекатывает двухсоткилограммовые бочки, подбрасывает в воздух тяжелые ящики, срывает с якорей самолеты.

Море зимой вокруг материка замерзает, и на морском льду у берега и между айсбергами собираются в большие колонии императорские пингвины. Маленькие пингвины Адели зимой держатся у кромки морского льда, появляясь на берегу с первыми признаками весны.

Летом множество разных птиц прилетает к антарктическим берегам — поморники, буревестники, капские голуби, вильсоновы качурки и др. На морском льду и скалах можно встретить несколько разновидностей тюленей — морских слонов, тюленей Уэдделла, крабоедов, морских леопардов. Материк, даже там, где есть скалы без льда, не может обеспечить животных кормом. Лишь пятна лишайников и небольшие подушки мха можно встретить на укрытых от ветра камнях и в трещинах скал. Все живое находит пищу в море и связано с ним.

Что же привлекает в Антарктиду ученых, почему научные учреждения и правительства тратят значительные средства на ее исследования?

Прежде всего, Антарктиду как часть единого целого нашей планеты нельзя исключить при изучении строения всего земного шара, происходящих на нем географических, геологических, геофизических процессов и явлений. Кроме того, климат очень далеких районов Земли изменяется под влиянием антарктических воздушных масс. Ледниковый покров и условия ледникового периода Антарктиды помогают ученым представить условия, существовавшие некогда в умеренных широтах не только Южного, но и Северного полушария. Наконец, Антарктида, безусловно, не менее других материков богата минеральными ресурсами. Геологи уже обнаружили здесь различные полезные ископаемые, которые в будущем, когда возникнет необходимость, можно будет использовать.

За последние 20—30 лет в изучении Антарктиды достигнуты большие успехи. Огромное количество научных работ, статей и книг появилось на различных языках. Советские ученые создали уникальное научное произведение «Атлас Антарктики». В него вошло около 1000 карт, схем и графиков. Это обобщение современных представлений о природе всей южной полярной области. Теперь Антарктида — это уже не «Терра Аустралис Инкогнита» — неведомая южная земля, как именовали неизвестную сушу на прежних картах. Она перестала быть таинственной и недоступной. Ученым уже немало известно об Антарктиде и ее природе, но новое знание порождает новые вопросы, проблемы, задачи. Изучение Антарктиды продолжается.

Космическое землеведение

До конца XIX в. географические исследования производились наземными способами (путешествия и мореплавания, наблюдения за атмосферными явлениями и процессами на метеостанциях, за явлениями на море, реках и озерах, на гидропостах и т. д.). В начале XX в. широко стала применяться в географических исследованиях и в картографировании территории аэрофотосъемка с самолетов, дирижаблей, воздушных шаров с высоты примерно до 20 км. Выявление общих особенностей и закономерностей природы на больших пространствах земной поверхности и тем более глобальных (для всей Земли), т. е. для общего землеведения, было трудным делом.

Запуск искусственных спутников Земли, а затем и непосредственный выход человека в космос дает невиданные возможности и для изучения Земли. Возник новый раздел науки — космическое землеведение, который изучает поверхность суши, океаны и атмосферу нашей планеты по изображениям, спектрам, отдельным регистрациям отражения солнечного света и собственного излучения Земли, полученным с космических летательных аппаратов. Все эти данные используются для изучения, освоения и охраны природных ресурсов Земли.

Землю из космоса изучают с различных летательных аппаратов: с искусственных спутников Земли, с орбитальных космических кораблей, управляемых экипажем, с автоматических межпланетных станций, с межпланетных космических кораблей.

Съемка Земли с пилотируемых космических кораблей производится главным образом из ближнего космоса (т. е. с высот до 500 км), с искусственных спутников — большей частью из среднего космоса (т. е. с высот от 500 до 3000 км), а с межпланетных автоматических станций и космических кораблей — из дальнего космоса (т. е. с высот более 10 000 км).

Первые спектры Земли из космоса были получены с пилотируемого космического корабля «Союз-7» в 1969 г.

Изображения, спектры и отдельные измерения поля Земли из космоса отличаются рядом особенностей, присущих только космическим методам и не свойственных обычным наземным и воздушным географическим методам исследования. Поэтому они передают дополнительную, часто очень интересную информацию.

Во-первых, благодаря изображению на одном космическом снимке обширных и значительно удаленных друг от друга ландшафтов можно изучать одновременно крупные территории и выявлять значительные черты строения земного шара, такие, как структура земной коры, планетарная система разломов, широтная географическая зональность и вертикальная поясность горных стран и т. п.

Во-вторых, синхронное изображение на одном снимке из космоса атмосферы (облачности), гидросферы (моря, реки, озера, снеговой и ледниковый покровы), литосферы (геологическое строение, рельеф), биосферы (растительный и почвенный покров) и элементов культурного ландшафта позволяет изучать взаимосвязь различных явлений и компонентов природной среды. При этом наглядно видна, например, связь пыле-песчаных потоков в атмосфере и грядовых форм рельефа песков в пустынях, связь распределения облачности и фронтальных зон, океанических вод различной температуры и солености и многое другое.

Наконец, по последовательной съемке из космоса одних и тех же территорий одной и той же регистрирующей системой можно изучать с различными интервалами времени повторяемость и распространение как сезонных ритмических явлений природы (таких, как сход и становление снегового покрова или начало и окончание вегетации растительности), так и катастрофических (таких, как пыльные бури, ураганы, землетрясения и т. д.).

В зависимости от метода регистрации изображений, спектров и излучений различают ряд основных видов космической съемки Земли: *визуальные, фотографические, телевизионные, спектрометрические* и *радиометрические.*

Визуальные наблюдения производятся космонавтами с пилотируемых космических кораблей. В программу визуальных наблюдений космонавтов входит как опознавание наземных объектов, предусмотренных программой, так и оперативное наблюдение объектов и явлений, которые развивались во время полета и не были предусмотрены программой, например ураганов, извержений вулканов, небольших пожаров. Как показали визуальные наблюдения космонавтов *Г. Купера, А. Г. Николаева*, при взгляде на Землю из космоса различаются весьма мелкие детали: дороги, кильватерные волны за судами, морские турбулентные и стоковые течения и др.

Наибольшее количество информации дает *космическое фотографирование.*

Фотографии доставляются на Землю либо непосредственно космонавтами с пилотируемых космических аппаратов, либо в контейнерах с автоматических межпланетных станций.

Телевизионные изображения, как и фотографии из космоса, делятся на три вида.

Глобальные изображения дают снимки всей или большей части земного диска из дальнего космоса, т. е. с расстояния более 10 000 км. Они используются для изучения географической зональности, распределения океанических течений, климатической поясности.

Так выглядит Земля из космоса.

Региональные изображения дают снимки отдельных областей материков и океанов из среднего космоса, т. е. с высот 500—3000 км. Они используются для изучения региональных тектонических структур, циркуляционных метеорологических систем, фронтальных зон океанических течений. Такие снимки получаются с метеорологических искусственных спутников Земли.

Локальные изображения представляют собой снимки отдельных районов и местностей земного шара из ближнего космоса, т. е. с высот 200—500 км. Они пригодны для среднемасштабного и даже обобщенного крупномасштабного картографирования и используются для различных видов геологических, гидрографических, геоботанических, ландшафтных исследований. Такие изображения получены с пилотируемых космических кораблей.

По телевизионному принципу передаются на Землю инфракрасные изображения, в которых при регистрации сигнала применяется приемник, чувствительный к излучению Земли в «окнах» прозрачности атмосферы в зоне спектра при $\lambda = 3{,}5$—$5{,}4$ ммк

и $\lambda = 8—12$ ммк. Инфракрасные изображения дают возможность судить о невидимых глазу температурных различиях земной поверхности и океана, выявлять термальные тектонические зоны, предсказывать вулканическую активность, картировать океанические течения, а главное, давать картину облачности в ночное время на неосвещенной стороне Земли.

Спектры отражения солнечного света и собственного излучения земной поверхности могут быть использованы для характеристики природных образований по их яркости в том или ином весьма узком диапазоне длин волн. Но, самое главное, сопоставляя изображения в разных длинах волн, можно по спектрам отражения и излучения природных образований изучать минералогический состав подстилающих пород, состояние сельскохозяйственных культур, загрязненность атмосферы и водных бассейнов, а также решать другие вопросы, требующие тонкого спектрального анализа.

Съемка в этом диапазоне проникает сквозь облачный покров и даже характеризует строение поверхности на глубину до нескольких сантиметров и дециметров. По микроволновой съемке ($\lambda = 0{,}8$ и 1,35 см) можно судить о состоянии атмосферы: содержании в ней водяного пара, распределении дождевых очагов и зон осадков. Съемка при $\lambda = 3{,}2$ и 8,5 см позволяет выявить границы сплошных и плавающих льдов, отдельные айсберги, запасы влаги в снежном покрове, волнение поверхности океана. Методика обработки космических данных очень сложна. Она состоит из ряда этапов.

Для того чтобы прочесть изображение, полученное из космоса, нужно прежде всего создать эталоны. Для этого на типичных ключевых участках спутниковых, самолетных и наземных профилей экспериментально изучают оптические свойства природных образований и отбирают «индикаторы», т. е. такие признаки, обнаружив которые можно решить обратную задачу — по изображениям, спектрам и регистрограммам отражения и излучения Земли, полученным с космических аппаратов, распознать природные образования и дать их характеристику. Затем по эталонам ключевых участков анализируют изображения, спектры и регистрограммы непосещенных территорий ландшафтов — аналогов. Этот прием называется *экстраполяцией*. С ее помощью, например, по признакам типов пустынь, установленным в Средней Азии, можно дешифрировать фотографии Сахары.

Для дальнейшего развития космического землеведения очень важно автоматизировать обработку космических данных о Земле. Ведь в настоящее время получают ежегодно несколько десятков тысяч телевизионных и фотографических изображений Земли и еще больше радиационных и микроволновых измерений излучений.

Краткая история геологии

Геология — наука о происхождении, строении и истории развития Земли. Изучая горные породы, слагающие земную кору, а также происходящие в ней процессы, геологи всегда стремились использовать свои знания для поиска полезных ископаемых, скрытых в недрах Земли.

Потребность в полезных ископаемых, их наборе и количестве быстро росла с развитием производства, и не удивительно, что история геологических знаний тесно переплетается с историей человеческого общества.

Еще первобытный человек, используя камни в качестве орудий труда, не мог не заметить, что они существенно отличаются один от другого. И он научился выбирать из них только те, которые можно было использовать для труда, охоты или в быту. Постепенно люди научились подбирать камни определенного цвета, нужного им веса, твердости и т. д. Они научились узнавать такие свойства, как хрупкость некоторых горных пород и ковкость самородных металлов. Постепенно накапливались знания о камне, расширялся и круг представлений о технологических, строительных или декоративных достоинствах горных пород и минералов. Уже в нижнем палеолите (примерно 800—500 тыс. лет до н. э.) использовались каменные молотки, скребки, рубила, изготовленные из песчаников, кремней, обсидианов (вулканическое стекло), роговиков.

В раннем неолите (около 10—6 тыс. лет до н. э.) возросла потребность в каменном материале для орудий труда, устройства очагов, укрепления пещер-жилищ и оружия. Стали широко использоваться диориты, сланцы, кварциты и другие изверженные и метаморфические породы.

В бронзовом веке (около 3—1 тыс. лет до н. э.) люди научились использовать медь, золото, серебро,

Средневековый способ поиска полезных ископаемых с помощью ветки дерева. Рудознатец, держа в руках «волшебную палочку», ждет, когда она изогнется и укажет место залегания руд. (Старинный рисунок.)

которые добывали в самородном состоянии и в рудах, скрытых под землей. Важным событием было открытие способа изготовления бронзы из сплава меди и олова. Этот сравнительно легкоплавкий металл широко применялся для изготовления наконечников копий, стрел, клинков, ножей, топоров. Нередко в бронзовые украшения вставлялись поделочные камни.

С течением времени наши предки не только стали умело и правильно использовать некоторые полезные ископаемые, но совершенствовали способы их добычи и обработки. В Средней Азии с эпохи поздней бронзы сохранились большие карьеры с лабиринтами подземных ходов и огромными выработанными камерами, общий объем которых измеряется десятками тысяч кубических метров. В Армении обнаружены остатки плавильных печей и специальные устройства для обогащения руд, применявшиеся около 3,5 тыс. лет тому назад. В начале нашей эры различные племена, населявшие лесные районы средней и северной полосы Русской равнины, а также Центральной и Западной Европы, научились выплавлять железо из луговых, болотных и озерных бурых железняков, залегающих у самой поверхности Земли.

С увеличением спроса на полезные ископаемые появились мастера своего дела, умеющие по различным признакам отыскивать руды. Известно, что уже в VI в. поисками полезных ископаемых занимались «рудознатцы», которые по характеру залегания, окраске горных пород отыскивали руды тех или иных металлов.

Кроме познания свойств разных камней и руд человек накапливал знания и о различных явлениях природы, таких, как землетрясение, наводнение, извержение вулканов. Ему приходилось считаться с изменениями очертаний морских берегов, русел рек и т. п. Внимание людей привлекали окаменевшие остатки морских животных и растений.

Первые свои геологические впечатления древние народы отразили в наивных религиозных мифах, например в библейской легенде о сотворении мира. По этой легенде мир был создан за шесть дней. Вместе с тем появление другого библейского повествования о всемирном потопе, по-видимому, было вызвано действительным событием — наводнением в низовьях Тигра и Евфрата, обусловленным сильным землетрясением в области Персидского залива. Долины этих двух больших рек, очевидно, олицетворяли собой для авторов едва ли не весь мир.

Но уже древнегреческие мыслители *Фалес, Ксенофан, Гераклит, Аристотель* и *Теофраст* за сотни лет до начала новой эры в своих сочинениях пытались объяснить земные процессы реальными причинами. Уже тогда наметились два основных толкования природы геологических явлений: одни отводили решающую роль воде, а другие — подземному огню. Первое направление получило в истории геологии название *нептунизма* (от имени древнеримского бога морского царства Нептуна), второе — *плутонизма* (от имени бога подземного царства Плутона). Однако ученые античного мира располагали очень малым количеством фактов для обоснования своих научных гипотез.

Примерно в это же время стали появляться первые приборы для изучения геологических явлений. Так, в 132 г. китайский астроном *Чжан Хэн* изобрел первый в мире сейсмограф. Этот прибор оригинальной конструкции регистрировал даже очень слабые подземные толчки и устанавливал направление на эпицентр землетрясения.

В средние века, несмотря на жестокий гнет воинствующей церкви, охранявшей авторитет библейских сказаний о сотворении и устройстве мира, натуралисты продолжали изучать геологические явления и пытались дать им свое объяснение. В частности, таджикский естествоиспытатель, философ и врач *Абу Али Ибн-Сина* (980—1037), широко известный под именем *Авице́нны*, изложил в энциклопедическом сочинении «Китаб аш-Шифа» («Книга исцеления души») весьма передовые для средневековья взгляды. Горы и долины, по его мнению, произошли в результате действия внутренних сил Земли, в частности сильных землетрясений, и внешних причин — разрушительного действия воды и ветра. Мир вечен, писал Авиценна. Он во многом не соглашался с догмами ислама, поэтому мусульманское духовенство подвергло сожжению его труды, в которых содержались «крамольные» мысли о происхождении и истории Земли.

Современник Авиценны *Абу Рейхан Бируни́* (973—1048) в своих сочинениях высказал оригинальные мысли о причинах возникновения артезианских источников, о созидательной работе речной воды и образовании речных отложений. Опираясь на археологические данные, отпечатки рыб и находки ископаемых морских раковин, он попытался восстановить географическую обстановку далекого прошлого для района великих индийских рек, в частности устья Ганга. Бируни определил местоположение древнего русла Амударьи, а также верно указал, что площадь, занятая ныне Аравийской пустыней, раньше была покрыта морем. Его трактат «Собрание сведений для познания драгоценных камней» на протяжении нескольких веков оставался важнейшим справочным пособием по определению многих минералов, их оценке, обработке и применению.

В XV в. широкую известность получили труды гениального итальянского художника и удивительно разностороннего ученого *Леонардо да Винчи* (1452—1519). Наблюдая за земляными работами при проведении каналов для осушения болот в окрестностях Милана, он обратил внимание на окаменелые раковины и другие органические остатки, заключенные в твердых горных породах. Точно так же, как Авиценна и Бируни, Леонардо да Винчи пришел к заключению, что современная суша и даже горы, на которых найдены остатки раковин, устриц, кораллов и морских раков, некогда были дном отступившего древнего моря. Некоторые из его современников считали, что раковины образовались в земных пластах под влиянием «света звезд». Служители церкви утверждали, будто со времени «сотворения» мира земная поверхность оставалась неизменной, а раковины принадлежат погибшим морским животным, которые были занесены на сушу во время «всемирного потопа» и остались там, когда воды схлынули.

Леонардо да Винчи полагал, что очертания суши и океанов начали изменяться медленно еще в далеком прошлом, что этот процесс постоянный. Он происходит и ныне и является прообразом прежнего. Леонардо да Винчи не побоялся выступить с критикой библейской легенды всемирного потопа, утверждая, что Земля существует значительно дольше, чем сказано в священном писании. Такое вольнодумство грозило неприятностями, и только заступничество миланского герцога спасло художника от тюремного заключения.

Спрос на строительные, декоративные и драгоценные камни, возросший в странах феодальной Европы, вызвал заметный прогресс в изучении руд и минералов. Немецкий врач и естествоиспытатель *Георг Ба́уэр*, или, как его называли, *Агри́кола* (1494—1555), изучавший труды античных мыслителей, ученых Востока и рукописные руководства горняков-практиков, наблюдая за разработками рудных месторождений Чехии и Саксонии, усовершенствовал существовавшую издавна классификацию горных пород. Он предложил выделять среди минеральных образований: «земли» (охра, глина, мел и др.); «камни» (драгоценные и полудрагоценные минералы); «отвердевшие соки» (соль, купорос, квасцы, сера и др.); металлы (золото, серебро, железо, медь, свинец и т. д.); горючие ископаемые. Агрикола развивал представления о растворах, о «соках земли». Он считал, что рудные жилы образуются из осадков, выпадавших при остывании глубинных вод, в которых растворены соли различных металлов. Воды эти, как он наивно предполагал, нагреты подземными пожарами — горением каменного угля и серы.

В конце XVII в. французский философ и естествоиспытатель *Рене Дека́рт* (1596—1650) попытался объяснить происхождение Земли и ее развитие. Он считал, что первоначально Земля была расплавленной, затем она стала остывать и покрылась твердой корой, под которой сохранились воздух и вода. Временами кора, по его мнению, ломалась и погружалась в воду, которая благодаря этому выступила на поверхность и образовала океан, а из торчащих обломков коры возникли горы.

Леонардо да Винчи.

Михаил Васильевич Ломоносов.

Современник Декарта, датчанин *Николай Сте́но* (1638—1686), занимавшийся геологическими наблюдениями, высказал правильную мысль, что слоистые земные толщи отложились горизонтально на дне некогда существовавших морей. Те пласты, которые ныне наклонны, первоначально тоже залегали горизонтально, а впоследствии под действием подземного огня изменили свое положение. Стено отметил, что каждый слой должен иметь значительную горизонтальную протяженность и занимать большую площадь. Его вывод о том, что пласт, залегающий выше, моложе нижележащего пласта и наоборот, сейчас кажется азбучной истиной. Но в то время это было выдающимся открытием, первым шагом в создании научной геологической хронологии, устанавливавшей последовательность событий, преобразовавших нашу планету.

Формирование геологической науки

XVIII век явился важным этапом в развитии геологической науки. Быстро развивались фабрики, заводы и особенно горнозаводские предприятия, призванные обеспечивать растущую промышленность металлом и топливом. Резко возрос спрос на самые различные полезные ископаемые, возникла необходимость поиска новых месторождений. Поэтому во многих странах были созданы горные службы и научные общества, которые организовывали поиск угля, железа, меди и т. д. В учебных заведениях и школах стали готовить знатоков горного дела, появились первые научные журналы. Именно в это время были заложены основы многих современных отраслей естествознания. Выдающиеся труды французского естествоиспытателя *Жоржа Луи Леклерка Бюффо́на* (1707—1788), русского ученого *Михаила Васильевича Ломоносова* (1711—1765), немецкого философа *Иммануила Канта* (1724—1804) совершили революцию в науке.

«Всеобщая естественная история и теория неба» Канта сыграла важную роль в развитии прогрессивных идей, особенно в космогонии и геологии. В этом произведении Кант показал, что для происхождения жизни окружающего нас мира не было никакой необходимости в творческом акте или толчке со стороны бога. Земля и вся Солнечная система имеют свою историю, свое развитие во времени.

Ломоносов в сочинении «О слоях земных» утверждал: «...напрасно многие думают, что все... с начала творцом создано». Его положение о связи «наступаний» и «отступаний» моря в прошлом с медленными поднятиями и опусканиями земной поверхности стало впоследствии общепризнанным. Эти перемены, по мнению ученого, возможны только в течение огромного периода геологического времени, намного превосходящего те 6 тыс. лет, которые, по утверждению библии, составляют всю историю Земли. Внутренним (глубинным) геологическим процессам он отводил решающую роль в формировании

Жорж Кювье.

Чарлз Лайель.

Чарлз Дарвин.

лика Земли. Будучи прекрасным химиком, Ломоносов считал, что природные водные растворы занимают видное место в образовании некоторых минералов, руд и горных пород, а животные и растения играют большую роль в круговороте веществ в природе.

Бюффон в труде «Эпохи природы» разделил историю Земли на семь периодов, определив общую продолжительность существования нашей планеты в 75 тыс. лет.

Позднее *Джеймс Геттон* (1726—1797) в «Теории Земли» писал, что Земля — это машина, построенная на химических и механических принципах. Основными действующими силами, по его мнению, являются сила тяжести, нагрев и охлаждение, солнечный свет, электричество и магнетизм. Они, утверждал Геттон, не только обусловливают современные геологические явления, но действовали и в прошлые времена. Подобно Ломоносову, он отводил «внутреннему жару» основную роль среди геологических агентов, изменяющих земную поверхность.

Геттон точно так же, как Бюффон, Ломоносов и Кант, утверждал, что в окружающей нас живой и неживой природе происходят непрерывные изменения, а планета наша существует многие и многие тысячелетия. Такие взгляды были очень смелыми для XVIII столетия, когда большинство ученых считало, что все существующее сохраняется неизменным со времени своего появления на Земле, как это утверждало духовенство.

В XVIII в. на территории Западной Европы, Азии и Северной Америки оставалось сравнительно мало так называемых «белых пятен» — пространств, которые были до того времени совершенно неисследованными. Начали изучать обширные площади Австралии, Африки и Южной Америки. В России работали академические экспедиции, организация которых осуществлялась по проекту Ломоносова, при участии его учеников и последователей. Во главе этих комплексных экспедиций, которые занимались изучением фауны, флоры, минеральных богатств, климата и т. п., стояли широкообразованные ученые-естествоиспытатели. Маршруты экспедиций, работавших по единой программе и охвативших огромную площадь, позволили собрать колоссальный материал, в том числе и о геологическом строении Земли.

В конце XVIII в. среди геологов вновь, как и в античное время, возродились два течения, по-разному толковавшие условия образования горных пород. Глава нептунистического направления немецкий геолог *Абраам Готлоб Вернер* (1750—1817) полагал, что все горные породы произошли в результате их осаждения из вод первозданного океана. В противоположность этой точке зрения Геттон — глава школы плутонистов — считал важнейшим геологическим фактором огонь, порождением которого являются как различные горные породы, так и всевозможные формы наземного рельефа. Эти два направления яростно боролись между собой. Особенно ожесточенным был спор по вопросу о происхождении базальта, пластообразное залегание которого дало нептунистам основание считать его не застывшей лавой, излившейся из вулканического кратера, а обычным морским осадком.

В науке нередко бывает, когда одно и то же загадочное явление пытаются объяснить с противоположных позиций. Вместо того чтобы спокойно и терпеливо искать истину, ученые во время горячего спора доходят до абсурдных утверждений. Однако такая полемика обычно не вредит развитию науки. Спорящие стороны для доказательства своей правоты углубленно изучают новые, ранее неизвестные природные явления. Так, нептунисты много сделали для развития учения о растворах и выяснения условий накопления осадков.

Плутонисты, отстаивая свои взгляды, немало преуспели в изучении вулканических явлений, подробно описали граниты, порфиры, лавы и т. д. Они доказали магматическое происхождение базальта, так как обнаружили значительные изменения осадочных пород в местах соприкосновения их с лавовыми потоками. Известняки, например, под влиянием высокой температуры нередко приобретали явно мраморовидный облик. В конечном счете перевес оказался на стороне плутонистов.

В период этих споров на рубеже XVIII и XIX вв. было положено начало созданию шкалы относительного возраста горных пород. Появление ее стало возможным благодаря разработке палеонтологического метода. К открытию этого метода почти одновременно подошли ученые Франции, Англии, Швейцарии и Германии. Важнейшими были наблюдения англий-

ского землемера *Уильяма Смитта* (1769—1839). Он показал, что по характерным окаменелостям можно уверенно узнавать слои, даже если они расположены на огромном расстоянии один от другого, сопоставлять геологические разрезы по относительному возрасту пластов и строить по ним геологические карты.

Французский естествоиспытатель *Жорж Кювье* (1769—1832) много сделал для развития палеонтологии. Он открыл способ реконструкции внешнего вида вымерших существ по одной их кости или даже по одному их когтю.

Изучая отложения в окрестностях Парижа, Кювье заметил, что каждый из вышезалегающих слоев содержит различные, несходные между собой ископаемые формы организмов, при этом чередование наземных, пресноводных и морских видов свидетельствовало о неоднократных резких сменах физико-географической обстановки прошлого. Не обнаружив между окаменелостями, найденными в различных пластах, переходных форм, Кювье в 1812 г. сделал вывод о том, что история Земли делится на ряд эпох, в течение каждой из которых существовал особый животный и растительный мир. Эти эпохи прерывались эпизодическими катастрофами, во время которых на обширных участках Земли погибали все живые существа. Затем опустошенные пространства суши и морские бассейны вновь заселялись животными и растениями, переселившимися из других областей.

Ученики и последователи Кювье живо восприняли его идеи и, развивая их, пришли к абсурдному выводу о геологических переворотах — «катаклизмах», периодически уничтожавших все живое на нашей планете. Они считали, что в каждую из эпох, следующих за подобным «переворотом», в результате божественного акта творения появлялся совершенно новый органический мир.

Идеи *катастрофистов*, доведенные в своей крайности до антинаучных выводов, имели все же и положительное значение: они как бы объясняли вывод Смитта о том, что каждому слою присущи специфические органические формы. Это побудило геологов усиленно изучать строение земных напластований. В чрезвычайно короткий срок — за два-три десятилетия — по остаткам вымерших животных и растений была создана шкала расчленения всех осадочных горных пород, которая в общем виде сохранилась до наших дней.

Появление *стратиграфии* — учения о последовательности залегания слоев — привело к возникновению *исторической геологии*, которая изучает историю нашей планеты и населявших ее поверхность животных и растений. Накопившиеся в результате экспедиций XVIII в. геологические сведения, пополненные обширным материалом по относительному возрасту горных пород, позволили приступить к составлению геологических карт сначала небольших площадей, а потом и целых государств. К середине XIX в. появились обзорные геологические карты Англии, Франции, Германии, Австрии и т. д. В 1841 г. были опубликованы первые три геологические карты Европейской части России, охватившие площадь, значительно превышающую всю Западную Европу.

Ученые установили, что в геологической истории происходили многократные перемены, серьезно изменившие облик земной поверхности. Но за какое время могли произойти все эти изменения? Катастрофисты, следуя священному писанию, попытались доказать, что все глубокие ущелья, обрывистые горные хребты, широкие речные долины и т. п. образовались почти мгновенно, в результате сильнейших «потрясений» земного шара, происходивших под действием мощных сил, которые не проявляются в наши дни.

Однако эти представления шли вразрез со многими геологическими фактами. И вот английский геолог *Чарлз Лайель* (1797—1875) выступил против гипотезы Кювье, доказывая, что ныне действующих сил природы вполне достаточно для грандиозных преобразований на Земле и нет необходимости в катастрофах. Правда, для этого требуются миллионы лет. Кроме того, в результате тщательного изучения геологических разрезов Лайель показал, что животный мир вовсе не исчезал при каждой перемене условий обитания, а происходила постепенная смена форм органического мира и, следовательно, не было катастроф, уничтожавших все живое. Факты и логичность изложения геологических наблюдений Лайелем побудили многих геологов-катастрофистов отказаться от гипотезы Кювье.

Лайеля и приверженцев его взглядов стали называть в истории науки *униформистами*. В основе их представлений лежали следующие положения: силы, преобразовывавшие земной шар на протяжении геологических эпох, всегда были однообразными и такими же, как те, которые проявляются ныне; силы эти действуют непрерывно; крупные преобразования являются результатом суммирования постоянных малозаметных изменений. Униформисты подчеркивали, что люди не замечают грандиозной деятельности обычных геологических процессов, ибо вся история человечества лишь мгновение в сравнении с бесконечной длительностью геологического времени. Объяснив, что для расшифровки прошлого

Александр Петрович Карпинский.

Владимир Иванович Вернадский.

Иван Михайлович Губкин.

Земли можно и нужно исходить из наблюдаемых закономерностей, характеризующих современные геологические процессы, униформисты доказали познаваемость геологической истории. С победой униформизма элементы фантастики и непознаваемость геологического прошлого Земли были исключены из арсенала научных исследований.

Первая половина XIX в. вошла в историю геологических знаний как «героический период», во время которого было сделано много открытий и шла ожесточенная борьба мнений, плодотворно сказавшаяся на развитии науки. В эти годы оформились почти все основные отрасли современной геологической науки, зародились многие идеи и направления, развивающиеся в наши дни.

Эволюционистские идеи в геологии

Рассматривая геологический разрез, естествоиспытатели установили, что глубоководные отложения сменяются мелководными, а последние — наземными, и наоборот. Швейцарский геолог *Аман Грессли* (1814—1865) показал, что в одно и то же время в разных местах были различные географические условия и поэтому отлагались неодинаковые осадки. Стали выделяться *фации*, т. е. осадки, связанные с определенными условиями накопления и имеющие свой типичный состав и окаменелости. Ученые убедились, что фации сменяются не только в пространстве (по площади), но и во времени, т. е. в одном и том же месте природные условия их образования не оставались долго постоянными.

По мере накопления новых фактов стало ясным непостоянство геологических процессов и физико-географических условий. Это побудило ученых к постепенному отходу от формального использования принципов униформистского учения.

С выходом в свет в 1859 г. известного труда *Чарлза Дарвина* (1809—1882) «Происхождение видов путем естественного отбора» в науке появился совершенно иной, чем раньше, подход к ископаемым органическим остаткам. Данные палеонтологии, сравнительной анатомии, эмбриологии, теории о современном географическом распространении животных и растений убедительно подтверждали существование постоянного прогресса в живой природе. Причину этого явления Дарвин нашел в естественном отборе, или выживании организмов, наиболее приспособленных к данным условиям. Естественный отбор, будучи одной из главнейших сил эволюции, вызывал переход одних органических форм в другие и доказывал необратимость процесса развития окружающей нас природы.

Эволюционное учение во второй половине XIX — самом начале XX в. оказало большое влияние на расцвет геологической науки. Естествоиспытатели стали обращать основное внимание на установление родственных связей между видами животных и растений с целью воссоздать цепь закономерных изменений в истории развития органического мира и выявить взаимосвязи между средой и организмами. Так возникла эволюционная палеонтология, основоположником которой был русский ученый *Владимир Онуфриевич Ковалёвский* (1842—1883).

В XIX в. быстро развивалась не одна только теоретическая геология. Наука сделала крупный шаг вперед и в деле изучения состава руд, минералов, горных пород.

Англичанин *Уильям Ни́коль* (1768—1851) сконструировал поляризационную призму, позволившую изучать оптические свойства кристаллов. Был создан поляризационный микроскоп, и благодаря разработанному в Англии способу изготовления прозрачных шлифов из твердых горных пород появилась возможность определять даже самые мельчайшие зерна минералов и тем самым выяснять точный состав природных камней. Наука, занимающаяся такими исследованиями, называется *петрографией*.

А вскоре русский ученый *Евграф Степанович Фёдоров* (1853—1919) изобрел специальное приспособление к микроскопу — «федоровский столик». Кристаллография, до того изучавшая только наружную форму кристаллов, стала с помощью рентгеновских лучей изучать внутреннюю структуру кристаллов, расположение их атомов. Была определена взаимосвязь между химическим строением и кристаллической структурой минералов.

Владимир Афанасьевич Обручев.

Алексей Петрович Павлов.

Эти новейшие методы способствовали изучению полезных ископаемых, всегда привлекавших самое пристальное внимание исследователей. Появилась возможность судить об условиях их образования. Сформировалось учение о рудных месторождениях, чему во многом способствовали труды чешского геолога *Франца Пошепного* (1836—1895) и выдающегося исследователя геологии России поляка *Карла Ивановича Богдановича* (1864—1947). Знаменитый исследователь Сибири и Центральной Азии *Владимир Афанасьевич Обручев* (1863—1956) много сделал для выяснения особенностей распределения полезных ископаемых в горных системах. Один из основоположников учения о нефти — *Иван Михайлович Губкин* (1871—1939) установил закономерности распределения жидкого и газообразного природного топлива в земной коре, а *Павел Иванович Степанов* (1880—1947) выделил пояса и узлы угленакопления, что позволило геологам увереннее проводить поисковые работы.

В это же время возникла новая наука — *геохимия*, изучающая закономерности перемещения атомов химических элементов в Земле и условия образования их скоплений, т. е. залежей различных видов минерального сырья. Формирование геохимии и ее быстрое развитие неразрывно связаны с именами выдающихся русских ученых *Владимира Ивановича Вернадского* (1863—1945) и *Александра Евгеньевича Ферсмана* (1883—1945). Выяснилось большое значение радиоактивности для геологических процессов. Радиоактивные явления необратимы в условиях земной коры. Они ведут к распаду сложных тяжелых атомов радиоактивных элементов, которые переходят в более простые элементы с меньшим атомным весом. Так, например, в результате распада урана и тория в земной коре образуются разновидности (изотопы) свинца и гелия.

На основе исследований распада радиоактивных элементов таблицы Менделеева Вернадский предложил метод вычисления абсолютного возраста горных пород, благодаря чему удалось установить, что древнейшие образования Земли имеют возраст 4,5 млрд. лет.

Среди теоретических вопросов, издавна интересовавших геологов, видное место заняла проблема происхождения материков и океанов. Даже простому наблюдателю бросается в глаза неравномерность распределения горных районов по поверхности Земли и чередование их с обширными низменными пространствами. Американский палеонтолог *Джеймс Холл* (1811—1898) подметил, что для горных областей характерна повышенная мощность осадочных толщ, а следовательно, в этих районах прежде существовали крупные прогибы, в которых накопились осадки большой мощности. Другой американский геолог — *Джеймс Дана* (1813—1895) назвал такие прогибы *геосинклиналями* и показал, что с течением времени на их месте появляются горные хребты.

Районы с пологим залеганием пластов и меньшей их мощностью привлекли внимание выдающегося русского исследователя *Александра Петровича Карпинского* (1847—1936), который наметил целый ряд характерных особенностей их геологического развития. Такие территории, получившие наименование платформ, стали затем изучаться вместе с геосинклиналями, что позволило воссоздать единую историю развития земной коры. Теория горообразования развивалась французским геологом *Эмилем Огьм*, а позднее русские ученые *Алексей Петрович Павлов, Андрей Дмитриевич Архангельский, Николай Сергеевич Шатский* и другие геологи создали учение о геосинклиналях и платформах.

На рубеже XIX и XX вв., благодаря изучению скоростей распространения сейсмических волн при землетрясениях, было установлено, что земной шар состоит из оболочек, имеющих различные физические свойства и отличающихся одна от другой по химическому составу.

Опираясь на сходство очертаний восточного и западного побережий Атлантического океана, немецкий геофизик *Альфред Вегенер* (1880—1930) предложил гипотезу дрейфа континентов по пластичному подкорковому слою. По его предположению, первоначально существовал громадный континент, который под влиянием вращательного движения Земли раскололся на части, которые отошли от полюсов к экватору. Так, Америка отделилась от Европы и Африки. Вегенер считал, что такие горизонтальные перемещения вызывают образование складчатых горных систем, возникающих по фронту движения континентов.

Несколько ранее австрийский геолог *Эдуард Зюсс* (1831—1914) дал иную трактовку этого явления. Вслед за французским геологом *Л. Эли де Бомоном* (1798—1874) он объяснял происхождение горных хребтов, исходя из предположения, что остывающий земной шар сжимается и покрывающая его кора сминается в складки. Зюсс доказывал, что современные материки представляют собой обломки

Андрей Дмитриевич Архангельский.

Александр Евгеньевич Ферсман.

древних огромных континентов, большая часть которых погрузилась под воды океана. Например, Южная Америка, Африка, Индия и Австралия, по его мнению, только остатки некогда единого континента «Гондвана», значительные участки которого ныне находятся под водами Атлантического и Индийского океанов. Все эти проблемы составили содержание *геотектоники* — науки о строении, движениях и развитии земной коры, о структуре и развитии Земли в целом. Геотектоника занимает особое место среди наук о Земле, так как она пронизывает все области геологических исследований.

Итак, от теории развития к униформистской системе, а от нее к эволюционизму — таков исторический путь теоретической геологии в самых общих чертах. Эволюционистские идеи вызвали к жизни значительное число научных гипотез, разработку многочисленных исследовательских методик, появление новых отраслей геологии и, наконец, теорию геосинклиналей и платформ, обеспечившую прогресс геологической науки.

Тенденции развития современной геологии

Вторую половину XX в. можно считать началом нового периода в истории развития геологической мысли. Постепенно геология из наук описательного характера преобразовывается в точную науку, которая широко использует методы математики, физики, химии.

Для решения важнейших задач геологии — нахождения залежей минерального сырья — в наши дни успешно применяются геофизические и геохимические методы, глубокое бурение, аэрофотосъемка, а в самое последнее время и наблюдения с искусственных спутников Земли.

Важное место заняли работы по моделированию природных процессов в условиях высоких температур и давлений. Предпринимаются попытки использовать электронно-вычислительные машины для подсчета запасов полезных ископаемых.

Хорошая геологическая изученность материков дала возможность составить кроме обычных геологических карт тектонические и металлогенические карты. Тектонические карты отражают историю различных геологических структур, а на металлогенических выделены крупные районы распространения определенных видов полезных ископаемых. Оказалось, что размещение залежей руд, нефти, угля, солей и т. п. подчинено строго определенным закономерностям, поэтому появилась возможность уверенно направлять работы по поиску залежей не только близ приповерхности земной коры, но и в ее глубинах.

Исследования геологического строения морского дна и океанических впадин привели к неожиданным открытиям. Выяснилось, что материковые склоны во многих районах богаты нефтью, что большие площади под дном Тихого океана не имеют гранитного слоя и что многие участки дна этого океана покрыты железо-марганцевыми конкрециями. Сейчас усилия специалистов многих стран направлены на изучение геологии морей и океанов, на организацию подводных разработок минерального сырья, ресурсы которого практически неисчерпаемы.

Большие достижения прикладной геологии наших дней в значительной мере объясняются успехами теоретической мысли, всегда направлявшей геолого-поисковые работы. Все настойчивее делаются попытки рассматривать Землю как составную часть космоса, поскольку процессы, происходящие во Вселенной, имеют между собой прямую или косвенную связь.

В мировом прогрессе многочисленных отраслей геологической науки широко известны значительные успехи нашей отечественной геологии, особенно достижения советских геологов. У нас в стране сотни геологических учреждений, научно-исследовательских институтов и геологических вузов. Полмиллиона человек занято на геологической службе.

Для расцвета геологической науки главнейшим стимулом является стремление человечества извлечь из земных недр как можно больше минеральных сокровищ.

Изучайте родной край

В поход

Главное в путешествии — это умение видеть и наблюдать. Опыт показывает, что турист или натуралист, не подготовленный к путешествию, видит значительно меньше того, кто заранее изучит будущий маршрут, поставит перед собой цель путешествия и заранее распределит обязанности между его участниками. Перед походом необходимо перечитать книги и газетные статьи о местах, по которым вы собираетесь путешествовать. В каждом городе и селе есть люди, хорошо знающие свой край. Они могут рассказать многое, о чем нигде не написано, с ними следует посоветоваться и о маршруте. Для похода нужна карта района. Ее надо перевести на кальку. На основе подробной карты можно составить схематическую и на ней проложить свой маршрут. В походе схематическая карта будет уточняться и дополняться наблюдениями исследователей.

После похода участники его должны составить географическое описание района и справочник географических названий. В этот справочник следует занести в алфавитном порядке названия встретившихся в пути рек, деревень, оврагов и т. д. Рядом с каждым названием нужно давать краткое пояснение: если это река, то откуда и куда она течет, какова ее ширина, скорость течения, много ли в ней воды (каков расход); если это населенный пункт, то должно быть указано его точное местоположение, численность населения, описан внешний вид, характеристика хозяйства колхоза, отмечено наличие школ, больниц, библиотек, магазинов. Такой справочник очень полезен при описании района и выборе маршрутов будущих походов.

Маршрут следует наметить так, чтобы он проходил по разнообразным природным участкам. Не нужно отказываться от боковых или радиальных маршрутов, которые могут дать много интересного для наблюдения. Если юные туристы не первый раз участвуют в походе и имеют некоторую подготовку, то лучше распределить между ними работу: одним участникам похода поручить составить описание рельефа, другим — познакомиться с геологией района, третьим — изучить реки, озера, ручьи и болота, четвертым — наблюдать растительность и животный мир, пятым — проводить метеорологические наблюдения, шестым — описать исторические и археологические памятники, собрать сведения об экономике края и т. д. Такое распределение работы позволит собрать материал по району богаче и полнее.

Число групп и распределение работы зависит от количества участников туристского похода. Распределяя работу среди юных туристов, необходимо учитывать интересы и способности каждого из них. Бригада картографов сделает копии всех нужных

Групповое снаряжение юных туристов.

Личное снаряжение туриста.

карт. В путешествии она будет уточнять карту, вести глазомерную съемку, составлять список-словарик географических объектов. Конечно, и остальные участники похода должны уметь обращаться с картой в пути. Бригада биологов объединит любителей ботаники и зоологии. Они же будут вести и исследование почв. Бригада геологов и геоморфологов будет описывать геологические обнажения в овражных и речных обрывах и в карьерах, если они попадутся на пути. Кроме того, зарисует формы рельефа местности: холмы, западины, промоины, оползни, овраги, речные террасы и т. д. Бригада гидрологов займется описанием речек, озер, прудов, болот. Гидрологи исследуют также ширину, глубину, скорость течения рек, цвет и прозрачность воды. В одну группу могут объединиться все любители истории и литературы. Они соберут материалы об исторических событиях, происходивших на территории маршрута, запишут сказки, песни, пословицы и поговорки,— словом, все то, что называется устным народным творчеством (фольклором). Обычно в эту же группу входят и экономико-географы, которые изучают заводы, колхозы, совхозы, различные предприятия на исследуемой территории. Результатом их работ будет экономико-географическая характеристика района.

В каждой туристской группе должны быть метеорологи, которые во время путешествия будут измерять температуру и давление воздуха, скорость ветра, определять направление ветра, облачность, интенсивность и продолжительность осадков. В обязанность метеорологов входит также давать прогноз погоды на ближайшие дни.

Юным исследователям родного края следует запастись приборами и научиться хорошо пользоваться ими. Многие приборы они смогут сделать сами. На глаз трудно определить высоту дерева или холма, нужен прибор *угломер*. Весь прибор умещается в кармане и состоит из картонки или спичечной коробки, на которой нарисована полуокружность и нанесены деления от 0° до 90° и далее до 0°. Диаметр, ограничивающий этот полукруг, лежит на длинной боковой стенке коробки. Вдоль этой стороны и следует смотреть, направляя луч зрения на вершину холма или по склону. Отвес, т. е. грузик, прикрепленный на ниточке к центру полукруга, покажет на шкале угол в градусах.

Нетрудно самим сделать папки для гербария, различные сачки (для ловли плавающих и донных животных, а также насекомых), морилки и расправилки для бабочек и насекомых, топографические планшеты, полевую книжку, карманные солнечные часы, прибор для рисования. Для определения направления ветра надо смастерить флюгер из жести; для гидрологических исследований — поплавки (чтобы определять скорость течения), рейки с делениями для измерения глубины рек и озер и диск Секки — белый круг диаметром 30 см — для определения прозрачности воды.

Наконец приготовления к походу закончены. Маршрут выбран и нанесен на схематическую карту района. Назначается день похода. Отправляться в путь лучше пораньше, чтобы пройти бóльшую часть дневного маршрута утром, пока не так жарко.

Составление маршрутной ленты. Бригада картографов выходит в поход первой. У каждого планшет, линейка и компас. У бригадира к планшету прикреплена схема района. Его бригада должна не только следить за правильностью маршрута, но и вычерчивать маршрутную ленту — топографический план, на котором изображается только узкая полоска местности по обеим сторонам дороги.

По ходу маршрута вся группа время от времени должна останавливаться, чтобы каждый турист определил свое местоположение и записал в свою полевую книжку все интересное, что встретилось в пути. Удобный размер полевой книжки — 10 × × 12 см. Книжка должна быть в твердом картонном или клеенчатом переплете. В конец ее можно вложить несколько листиков миллиметровки и кальки. Остановки для наблюдений и записей надо делать на поворотах дорог или в тех местах, откуда далеко видно по сторонам, например на вершине холма. Запись начинается примерно так: «Дата и время — 6 августа 1970 г., 8 часов 30 минут, точка наблюдения первая». Затем нужно указать точное местоположение, например: «100 м севернее деревни Киреевки, у одинокого дерева на проселочной дороге к деревне Новоселки». После этого можно описывать всю окрестность. Начинают обычно с рельефа и геологического строения, затем описывают почву, растительность и те местные предметы, которые видны вокруг.

Если же наблюдатели находятся у какого-нибудь объекта, интересного в географическом отношении, на берегу озера или реки, у геологического обнажения или в населенном пункте, который они изучают, то этот объект нужно описать как можно подробнее. Но всегда надо начинать описание с окружающей местности в целом, а затем переходить к отдельным объектам и их деталям. Записывайте в полевой книжке только на правой стороне. Левую — заполняйте рисунками, чертежами, схемами. Не каждый может сразу научиться хорошо рисовать, но даже самая грубая, схематическая зарисовка си-

луэта холма, крутого поворота реки, формы листа какого-нибудь растения может помочь при обработке полевых записей, оживив в памяти виденное. На левой стороне полевой книжки нужно вычерчивать также схематическую маршрутную ленту похода.

На каждой следующей точке наблюдения описывают не только все окружающее, но и то, что встретилось на пути. Нужно обязательно указывать пройденное расстояние и взятое направление.

В полевую книжку записывают рассказы экскурсовода на фабрике, в колхозе или музее, беседы о районе маршрута с местным краеведом, охотником или другими людьми, хорошо знающими эту местность.

Описание рельефа местности. Изучением форм поверхности Земли занимаются исследователи-геоморфологи.

Во время похода бригада геоморфологов должна пересечь тот район, который она описывает. Если решено дать описание рельефа только по маршруту, то необходимо по возможности расширить полосу наблюдений и время от времени отходить от основного пути в сторону. Особенно это важно там, где местность закрытая, т. е. где холмы или лес мешают широкому обзору. Делая записи общего характера («местность гористая», «холмистая», «всхолмленная», «сильно пересеченная» и т. д.), надо также описать и нанести на карту отдельно каждую форму рельефа — крутой склон горы, холм, впадину, овраг, речную долину, уступ и т. д.

Определять размеры — высоту, глубину, ширину, угол падения склона — часто приходится на глаз. Так как рельеф тесно связан с геологическим строением местности, то при наблюдениях следует не только описывать внешний вид той или иной неровной поверхности, но и обращать внимание на геологическое строение и состав горных пород, слагающих эту неровность.

Геологические наблюдения. Прежде всего следует расспросить местных жителей о том, где можно наблюдать выходы слоев горных пород. Эти геологические обнажения надо нанести на карту или схему местности. На равнине горные породы чаще всего обнажаются в оврагах и береговых обрывах. Слои горных пород можно наблюдать в искусственных ямах — карьерах, где берут для строительства песок, глину или камень, а также в местах, где железнодорожное полотно или шоссейная дорога проходит в выемке. Следует зарисовать общий вид геологического обнажения и рельеф окружающей местности; тут же сделать общее описание внешнего вида обнажения. Изучать обнажения следует с нижнего слоя. Рулеткой или линейкой измерьте его мощность (толщину) и запишите данные на правой стороне полевой книжки. В описании каждого обнажения укажите его точное местоположение, порядковый номер, размеры и характеристику каждого слоя (известняк, песок и т. д.), при этом обратите внимание на то, как залегают слои — горизонтально или под углом, из каких пород они сложены (глина, песок, гранит и т. д.) и как проходят границы между соседними слоями. Опишите цвет породы и ее строение. Если есть какие-либо включения, например отдельные гальки в слое песка, то это надо указать, предварительно определив густоту, состав и размер таких включений. Следует отметить выходы грунтовых вод: родничок, сочащиеся капли или просто увлажненные места. В полевой книжке рядом с описанием обнажения должен быть вычерчен его профиль. Из каждого слоя надо взять образец породы и завернуть его отдельно от других, приложив к нему этикетку. Для откалывания горных пород геологи пользуются геологическим молотком.

Большой интерес представляют образцы отдельных минералов, красивых кристаллов, а также полезных ископаемых. Особенно важно собрать встречающиеся в осадочных горных породах окаменевшие остатки ископаемых животных. Они помогут определить возраст геологических отложений. Из лучших геологических образцов позже составляются коллекции для школы.

Гидрологические наблюдения. Описание водоема начинается с общей характеристики окружающей местности и составления глазомерного плана. Знание геологического строения и рельефа района поможет определить форму долины, реки и озерной котловины. Тут же надо описать растительность на берегах водоема и на водоразделе. При изучении реки в первую очередь точно измеряют ширину и глубину долины и самого русла. Для этого пользуются мерным шнуром, если река неширока. Когда же переправиться через реку трудно, ее ширину определяют геометрическим построением. Измерив ширину реки в разных местах, записывают, что она колеблется в пределах от стольких-то до стольких-то метров. Глубину реки определяют рейкой или лотом (мерный шнур с грузом на конце). Шнур протягивают поперек русла реки или мысленно проводят линию между шестами, установленными на обоих берегах. Эта линия называется поперечным створом. Лот или водомерную рейку опускают в воду вдоль по створу, через равные промежутки. Если цифры глубин сложить и сумму разделить на число промеров, получится средняя глубина реки. Частые промеры помогают определить рельеф дна, а если величину

этих промеров отложить в масштабе от прямой линии — поверхности воды — на миллиметровке, то получится чертеж поперечного сечения, или, как его обычно называют, живого сечения русла реки.

Произведя простой расчет, можно получить площадь живого сечения, которая необходима для определения расхода воды в реке (см. стр. 185). Расход реки учитывают при строительстве различных гидросооружений, мельниц, электростанций, при использовании воды для орошения. Чтобы определить расход реки, необходимо площадь живого сечения русла умножить на среднюю скорость течения. Для определения скорости течения выбирают прямой, чистый от растительности и камней участок русла. На берегу вдоль реки отмеряют 50—100 м, но не меньше тройной ширины реки. Это расстояние ограничивают створами — верхним и нижним. Несколько выше верхнего створа в воду бросают деревянные поплавки. Наблюдатель с помощью секундомера или часов с секундной стрелкой определяет, за сколько секунд поплавок проходит расстояние между створами. Зная расстояние и время, нетрудно вычислить скорость течения реки, разделив расстояние в метрах на время в секундах. Описание реки будет полным лишь в том случае, если в нем укажут, каков ее режим в течение года. У местных жителей можно узнать, как падает уровень реки летом, не пересыхает ли она, как широко разливается весной, долго ли держится на высоком уровне после ливневых дождей. Обязательно надо расспросить, как используется эта река.

План описания озера похож на план описания реки. Форма озера обычно требует пересечения его несколькими створами, по которым и промеряют глубину. Описывая озеро, дают характеристику воды: определяют ее вкус (пресная, соленая и т. д.), температуру, цвет и прозрачность. Опуская в воду на мерном шнуре круг Секки из жести, окрашенный белой масляной краской, надо заметить, на какой глубине он начнет исчезать, а потом и вовсе не будет виден. Эта глубина в метрах называется прозрачностью воды данного озера.

Биологические наблюдения. Во время похода хорошо также провести биологические наблюдения. О том, как наблюдать в природе животных, составлять коллекции и гербарии, можно прочесть в томе 4 ДЭ («Растения и животные»).

Метеорологические наблюдения. Метеорологические наблюдения нужно проводить в установленные часы (1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 и 22) по местному времени, 4 или 8 раз в сутки; показания приборов снимать точно и сразу же записывать их в журнал метеонаблюдений, форму которого можно взять в «Спутнике туриста». Желательно ежедневно вычерчивать в блокноте графики суточного изменения температуры и давления воздуха, скорости ветра: они более наглядны, чем записи в журнале, и облегчают предсказания погоды. Нужно помнить, что все наблюдения проводятся на ровной площадке диаметром не менее 10 м, на высоте 2 м над поверхностью земли. Температуру воздуха измеряют обычно термометром-пращой; его вращают на бечевке над головой 2 минуты и сразу делают отсчет. Можно измерять температуру и обычным термометром, но тогда к нему надо привязать шнур длиной около 100—120 см и пользоваться им как термометром-пращой. Термометр ни в коем случае нельзя брать руками за резервуар с ртутью или спиртом. Держите прибор только за его верхний конец и следите, чтобы во время отсчета на него не падали солнечные лучи.

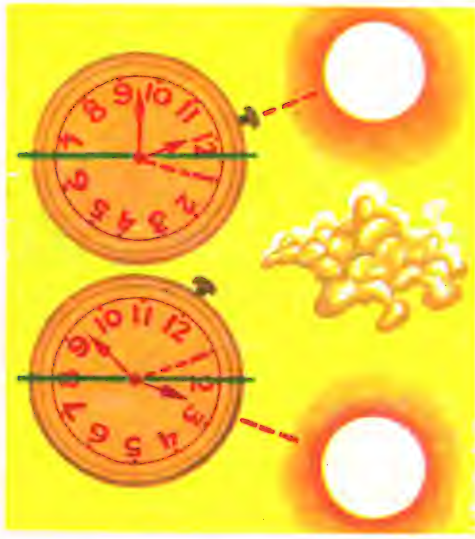
Облачность определяется количеством облаков, закрывающих небо, по десятибалльной системе. Количество осадков в туристских путешествиях обычно не измеряют, а отмечают их вид (дождь, снег, град, крупа и т. д.), интенсивность (слабые, средние, сильные) и продолжительность.

Давление воздуха измеряют обычно барометром анероидом.

Направление ветра измеряют при помощи компаса и самодельного флюгера из жести или узенькой ленточки длиной в 50 см, привязанной на конце палки, которую поднимают над головой.

Уметь предсказывать погоду очень важно для правильной организации туристского похода. Это позволит заранее планировать график движения группы. Предсказать «хорошую» или «плохую» погоду можно по различным местным признакам (см. стр. 203—205, 208) и по изменению метеорологических условий: давления, температуры воздуха, скорости и направления ветра и т. д.

Отчеты участников похода, вычерченные карты, зоологические и минералогические коллекции, гербарии, самодельные приборы — все это хорошие наглядные пособия, которые всегда пригодятся в школе.



Ориентировка на местности.
Вверху слева показано, как можно определить части света по положению луны на небосводе. При полнолунии в 7 ч утра луна бывает на западе, в 19 ч — на востоке и в 1 ч ночи — на юге. Молодой месяц (рожки направлены в левую сторону) бывает в 1 ч ночи на западе, в 19 ч — на юге. Серп убывающей луны (рожки направлены вправо) в 1 ч ночи бывает на востоке и в 7 ч утра — на юге.

Вверху справа показано, как по часам определяют направление на север и на юг. Часы держат так, чтобы часовая стрелка была направлена на солнце. Расстояние между часовой стрелкой и цифрой 1 делится пополам. Эта линия одним концом покажет юг, другим — север.

Четыре нижних рисунка показывают, как можно ориентироваться по местным приметам: на северной стороне дерева меньше ветвей и листьев; на южной стороне сосны — натеки смолы; пологий склон муравьиной кучи обращен к югу; на пеньке видны годичные кольца, утолщенные к югу; северная сторона камня покрыта мхом.

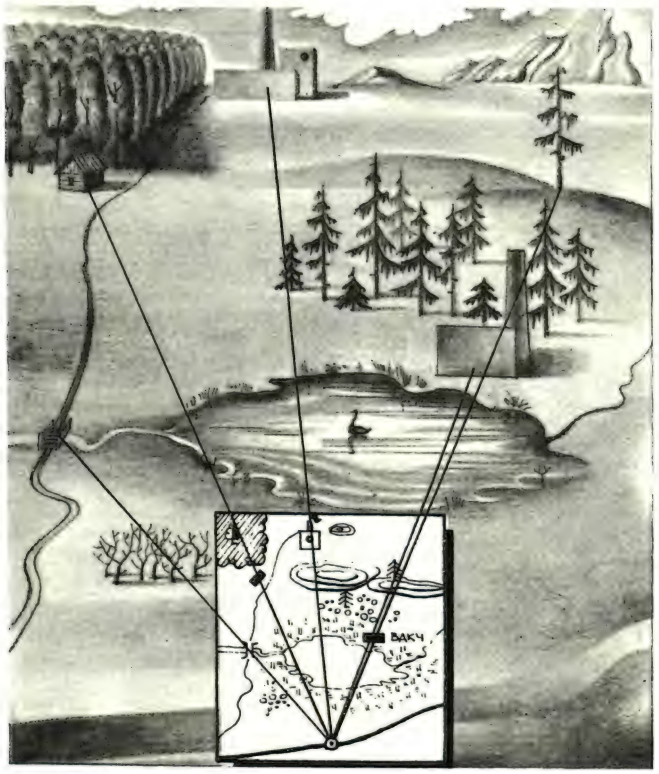
Глазомерная съемка местности

Хорошо, приехав в пионерский лагерь, побродить по новым местам, ознакомиться с ними. Лучше всего это делать в походах. Правда, для этого надо уметь ориентироваться в незнакомой местности — определять по компасу, солнцу, ночью по Полярной звезде или другими способами направление на север, юг, восток и запад, запоминать выдающиеся предметы (ориентиры). Ими могут быть видимые с разных точек местности трубы заводов, колокольни, отдельные деревья, а также специальные вышки, которые называются тригонометрическими пунктами. По этим пунктам, для которых геодезисты определяют долготу и широту, производится топографическая съемка.

Перед походом или военной игрой необходимо провести рекогносцировку, т. е. детально ознакомиться с местностью. Такую же рекогносцировку проводит командир, когда занимает новый участок. Он знакомится с местностью непосредственно, видя ее перед собой, а места, недоступные для обзора, изучает по топографической карте. Если же нет карты, то производит глазомерную съемку.

При съемке местности с одной точки (см. рис.) нужна фанерная дощечка (планшет) с укрепленным на ней листом бумаги примерно 20×30 см. Лист укрепляют узкими бумажными полосками, наклеенными по его краям или углам. Для этого можно использовать полоски проклеенной бумаги от марок. У края бумаги, расположенного ближе к съемщику, нанесите точку стояния. Примерно в середине лежащей перед вами местности нужно выбрать основной ориентир. На рисунке это труба завода. Держа перед собой планшет, поставьте на нем карандаш острием книзу таким образом, чтобы луч глаза, проходящий через точку стояния, нанесенную на планшете, и через карандаш, попадал бы на ориентир на местности. В этом случае карандаш будет закрывать ориентир. Убедившись в правильности визирования, слегка нажав на карандаш, получите на планшете точку и соедините ее пунктиром с точкой стояния. Это будет линия визирования на основной ориентир. Выбрав другие ориентиры — сначала вправо от основного (на рисунке водокачка и ель), а затем влево от него (на рисунке дом лесника и мост), таким же способом проведите визирные линии через точку стояния на эти ориентиры, проверяя каждый раз положение планшета по основному ориентиру.

Теперь нужно нанести на планшете приблизительно основной ориентир на его линии визирования. Затем, сопоставляя расстояния до каждого ориентира с расстоянием до основного, нанести все ориентиры на соответствующих им визирных линиях.

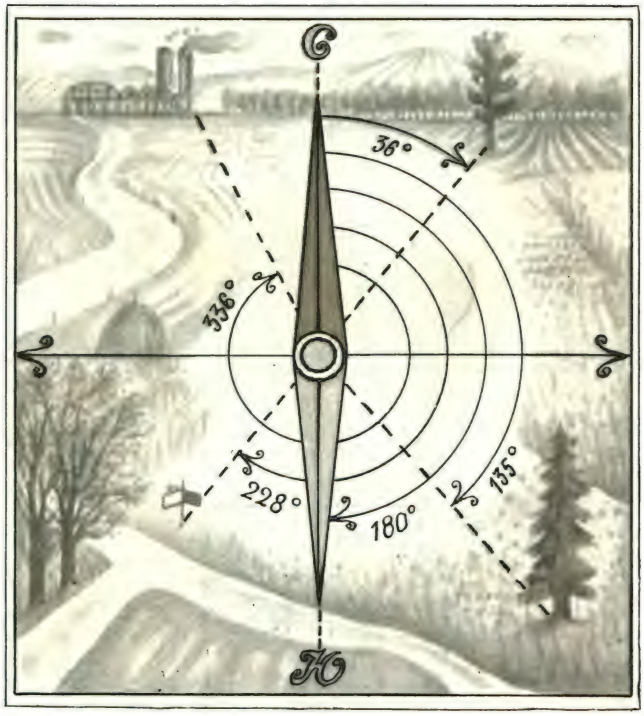


После проверки эти линии сотрите. Пользуясь ориентирами, зарисуйте всю местность, которую вы между ними видите. Получается глазомерная зарисовка по фронту лежащей перед вами местности. На ней видно, что расположено справа от основного ориентира и что — слева. Отправляясь в лагерь или в поход, обязательно возьмите компас, лучше военный. У него на корпусе вращается ободок с прорезью на одной стороне и с мушкой на другой. В походном положении стрелка компаса прижимается к стеклу тормозом.

При помощи такого компаса можно определить в точке стояния азимут направления на любой предмет. Азимутом называется угол между северным направлением магнитной стрелки и направлением на предмет. Он измеряется по ходу часовой стрелки и может быть равен от 0° до 360°. Например, азимут точного направления на север равен 0°, на восток — 90°, на юг — 180° и на запад — 270°.

Как же определяют азимут? Отпустив тормоз стрелки, поворачивайте компас в руке до тех пор, пока ее северный конец не совместится с пометкой С или с 0° на лимбе (круге, разделенном на градусные деления). Для контроля посмотрите на южный конец стрелки — он должен совпадать с буквой Ю.

Визирная линейка.



Не сбивая компас, поверните ободок и направьте мушку на предмет, глядя на нее через прорезь. Проверив положение северного конца стрелки, прочитайте отсчет у мушки. Это и будет азимут. Если на компасе нет подвижного ободка, то на стекло кладут спичку так, чтобы она, проходя через центр круга, была направлена на предмет, и делают отсчет.

Зная азимут направления, можно ночью или днем пройти через густой лес и выйти в заданное место. Установив на компасе мушку по данному азимуту, нужно выбрать на местности промежуточный ориентир, попадающий под это направление, и идти на него без компаса. Дойдя до него, выбрать по азимуту новый ориентир и снова идти на него. Таким образом можно добраться до заданного места. Движение по азимуту через лес, особенно ночью, часто применяется в боевой обстановке.

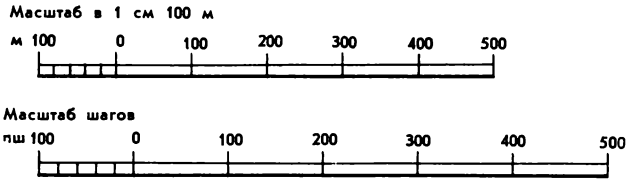
На рисунке (вверху) показаны примеры определения азимутов на разные ориентиры. На отдельно стоящее лиственное дерево он будет равен 36°, на ель — 135°, на указатель дорог — 228° и на заводскую трубу — 336°. Если нужно идти обратно, то вычисляют обратный азимут, устанавливают мушку на новое деление и совершают движение. Обратный азимут отличается от прямого на 180°. Если прямой меньше 180°, то к нему нужно прибавить 180°. В нашем случае он будет 36°+180°=216°. Если же он больше 180°, то от него отнимают 180°. Например, прямой азимут 228°. Обратный будет 48°.

Очень интересная работа — глазомерная съемка участка с нескольких точек. Вначале нужно произвести рекогносцировку — обойти участок со всех сторон, наметить точки, с которых вы будете производить съемку, установить порядок работы. На рисунке (стр. 412, вверху) изображен участок с намеченными точками для съемки.

Для работы надо иметь планшет размером 30 × × 40 см с прикрепленным листом бумаги, как и при съемке с одной точки, компас, визирную линейку, простой остро заточенный карандаш, резинку и деревянный кол высотой 1 *м*, снизу заостренный, а сверху с набитой на него дощечкой. На планшет в одном из его углов (лучше слева вверху) прикрепите компас так, чтобы его линия СЮ была параллельна одной из сторон. Эту линию, называемую магнитным меридианом, продолжите на бумаге и обозначьте стрелкой с буквами по концам С и Ю. Компас, освобожденный от ремешка, прикрепите к планшету тонкой медной проволочкой или суровой ниткой. Визирная линейка (см. рис.) должна быть деревянной, с треугольным сечением. Деревянный кол с дощечкой служит подставкой для планшета при съемке. Можно обойтись и без него, но тогда нужно производить съемку вдвоем — один держит планшет и следит за устойчивым положением стрелки, второй производит съемку. Затем надо выбрать и построить масштаб съемки.

При осмотре участка вы установили, что стороны его составляют примерно 2—2,5 км. Наиболее удобным в этом случае будет масштаб 1 : 10 000, т. е. одному сантиметру на плане будет соответствовать 100 м на местности. Значит, протяженность участка на бумаге будет в одном направлении примерно 20 см, а в другом — 25 см.

Измерение расстояния при глазомерной съемке производят парами шагов. Длина шага зависит от роста человека. У каждого она имеет свою длину. Ее определяют следующим образом. На ровной местности отмеряют 100 м и это расстояние проходят в прямом и обратном направлении, считая пары шагов. Начинать идти надо с левой ноги, а счет вести только под правую. Тогда получится счет пар шагов. Идти нужно своим обычным шагом без всякого напряжения. Допустим, что при движении вперед вы насчитали 79 пар, а при обратном — 81 пару. Среднее будет 80 пар. На местности это будет равно 100 м, следовательно, в нашем масштабе 80 пар шагов составит 1 см. Для построения масштаба шагов и удобства откладывания по нему расстояний



надо узнать, какое расстояние на местности будет соответствовать 100 парам. Такое расстояние облегчит съемку. Если 80 пар шагов составляют 100 м, то в одной паре будет 100 : 80 = 1,25 м, а в 100 парах 125 м, что в нашем масштабе даст 1,25 см.

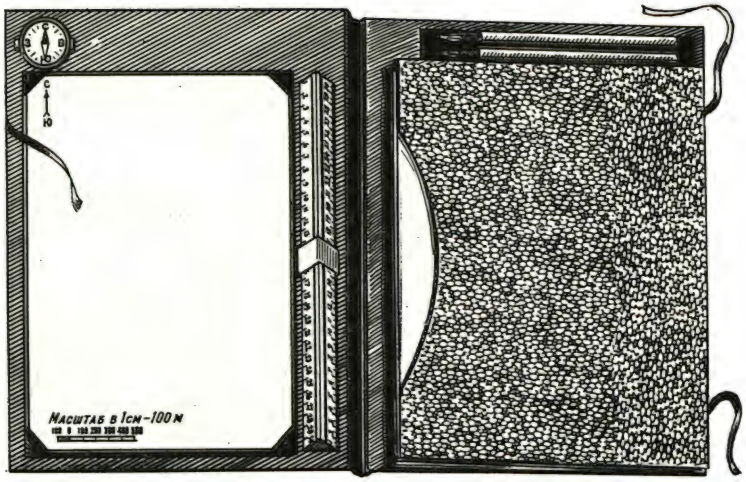
В нижней части листа нужно построить два масштаба — метрический и масштаб шагов. Они показаны на рисунке. По метрическому масштабу, пользуясь вашим планом, можно будет называть расстояния в метрах, а по второму, измеряя при съемке расстояния парами шагов, откладывать их на плане в сантиметрах. Для удобства пользования масштаб шагов следует перенести на тонкую полоску картона или толстой бумаги и при откладывании измеренных расстояний прикладывать ее к линии, пользуясь ею как циркулем.

Выйдя в поле на место съемки, установите планшет в точке 1 на шоссе у развилки дорог недалеко от моста. Отпустите тормоз стрелки компаса и поворотом планшета придайте ему такое положение, когда северный конец стрелки совпадет с 0°, а сама стрелка будет направлена вдоль магнитного меридиана, вычерченного на планшете. Планшет будет ориентирован. После этого нужно выбрать место для нанесения точки 1 с таким расчетом, чтобы план участка поместился весь на листе бумаги. Наметив предварительно эту точку и не сбивая стрелку компаса, провизируйте линейкой, приложив ее к точке и направив луч глаза по верхнему ребру линейки вдоль шоссе на точку 4, прочертите линию. Затем провизируйте на точку 2 и также, прочертив линию, отложите по масштабу расстояния на глаз до этих точек. Если они вмещаются на планшете, точку 1 можно закрепить окончательно. Далее начинается процесс съемки (см. рис., стр. 412). У точки 1 начертите развилку дорог (шоссе и проселочной). Проверив ориентировку, провизируйте на видимые ориентиры, прочертите визирные линии и надпишите их (на отдельное дерево, на тригонометрический пункт, на сарай, на группу кустов). При визировании на группу кустов выберите среди них самый заметный. Затем с точки 1 переходите на точку 2, считая расстояние парами шагов. По пути вам встретится граница между лугом и пашней. По измеренному расстоянию отложите по дороге (лежащей на визирной линии к точке 2) точку этой границы и зарисуйте это место в топографических условных знаках. Идите дальше, продолжая начатый счет пар шагов. Слева попадется угол опушки леса, но он находится несколько в стороне от дороги. Прикинув на глаз расстояние до него от дороги и зная измеренное расстояние, нанесите угол опушки леса и зарисуйте ее. Такой способ называется съемкой по перпендикуляру. Продолжая счет шагов, вы доходите до поворота дороги и наносите точку 2. Дорога от точки 1 до точки 2 прямая, ее вычерчиваем по визирной линии.

На этой точке снова ориентируйте планшет. Визируйте на точку 3 и на видимые ориентиры — сарай, отдельный куст и дерево (тригонометрический пункт не виден за лесом, а в группе кустов заметный куст с этой точки не выделяется). Надписав направление визирных линий на ориентиры, вы можете найти на пересечении их положение предметов, полученных прямой засечкой. Это будут сарай и отдельное дерево. Для контроля лучше будет засечь их с третьей точки. С точки 2 идете на точку 3, измеряя парами шагов расстояние между ними. Лес здесь подходит к дороге вплотную. Так его и зарисуйте. Далее отметьте на плане поворот дороги к пионерскому лагерю, два угла забора лагеря. После поворота начинается пешеходная тропинка, ее также надо показать соответствующим условным знаком. Затем по измеренному расстоянию наносим точку 3. На точке 3 ориентируем планшет, засекаем куст и проверяем засечку дерева и сарая. От точки 3 к точке 4 идет извилистая тропинка. На ней есть пешеходный мостик.

Мы выберем для съемки прямую линию, которая пройдет через этот мостик, а на пересечении этой линии с шоссе поставим на его обочине палку высотой примерно 2 м. Это будет наша веха, по которой надо выдерживать прямое направление. Начинаем измерять расстояние от точки 3. Наносим пешеходный мостик и извилину тропинки от точки 3 до мостика. (Учтите, что часть тропинки совпадает с ходовой линией.) По пути отмечаем пересечение с тропинкой границы луга и пашни, затем подход тропинки к ходовой линии и извилину. При нанесении точки 4 по измеренному расстоянию посмотрите, попадает ли она на визирную линию, проведенную вдоль шоссе из точки 1. Несовпадение называется невязкой. Если на нашем участке невязка составит меньше 1 см, то ею можно пренебречь. В противном случае надо искать грубую ошибку. Остается пройти по шоссе от точки 4 до точки 1. Вначале закончим засечки на тригонометрический пункт и на группу кустов. При движении по шоссе нанесем развилку шоссе и тропинки, километровый столб, границу луга и пашни, мост. По положению группы кустов дорисуем внутри участка реку Ворь, а по отдельному кусту — границу пашни и луга. Возвратившись с поля, подрисуйте почище свой план и срежьте его с планшета (рис., стр. 412, внизу).

Глазомерную съемку производят и по незамкнутому ходу. Такая съемка называется маршрутной.

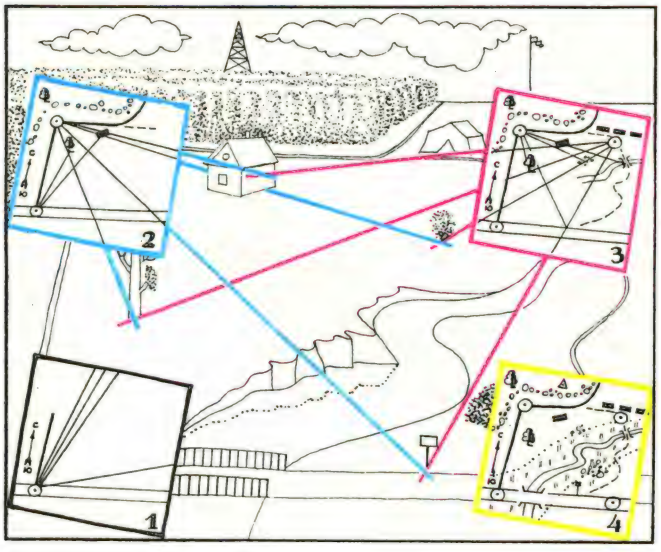


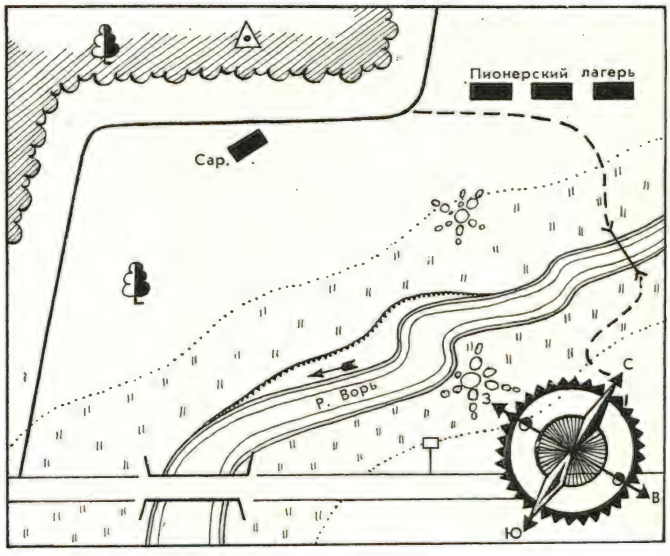
Планшет, с помощью которого составляется план глазомерной съемки. К нему прикрепляют компас, визирную линейку и карандаш.

Участок с намеченными точками для топографической съемки пионерского лагеря.

Схема показывает, как составляется план глазомерной съемки.

План глазомерной съемки участка юго-западнее пионерского лагеря.





Визуальное определение скорости ветра.

Сила ветра измеряется в баллах. Один балл соответствует скорости ветра примерно 2 м/с.

Сила ветра от 0 до 0,5 балла — штиль.

Сила ветра от 1 до 4 баллов — слабый, умеренный ветер.

Сила ветра от 5 до 7 баллов — свежий, сильный ветер.

Сила ветра от 8 до 12 баллов — шторм, ураган.

Школьные метеорологические станции

Во многих городских и сельских школах есть небольшие метеорологические станции. Наблюдение за погодой — интересное и полезное занятие; оно расширяет научные знания о природных явлениях и процессах, прививает определенные навыки, развивает познавательные способности. Кроме того, результаты метеорологических наблюдений, если они проводятся регулярно, без пропусков, в течение продолжительного времени, могут быть использованы специалистами-метеорологами. На школьных метеорологических станциях наблюдения ведутся при помощи простейших приборов и визуально (на глаз). По приборам определяется атмосферное давление, температура и влажность воздуха, ветер, количество осадков и высота снежного покрова, а визуально — количество и форма облаков, дальность видимости, те или иные атмосферные явления — туман, изморозь, гроза и т. д.

Атмосферное давление можно измерить металлическим *барометром* (анероидом). Основная часть этого прибора — герметически замкнутая тонкостенная металлическая коробка, из которой выкачан воздух. При изменении давления коробка деформируется, эти деформации системой рычагов и других соединений передаются стрелке, перемещающейся по круговой шкале, она и указывает величину атмосферного давления. Градусы на шкале нанесены по ртутному барометру. Во время наблюдений металлический барометр устанавливается горизонтально.

Температура воздуха (в тени) измеряется *ртутным* или *спиртовым термометром*, помещенным в специальной будке с жалюзийными стенками. В этой же будке находится *гигрометр* — прибор для измерения относительной влажности воздуха (в процентах). Гигрометр — это обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую рамку. Волос хорошо впитывает влагу. При увеличении

Журнал для записи метеорологических наблюдений в школе

гор.

Год 1972 Месяц апрель Число 17

Метеорологические элементы	Время 9 ч	12 ч	18 ч
Атмосферное давление (мм)	740,0	740,5	741,5
Температура воздуха (град.)	—1,0	1,5	1,3
Относительная влажность (%)	85	81	98
Ветер: направление	восточный	восточный	северо-восточный
скорость (м/с)	3	4	2
Количество осадков (мм)	4,2	*)	нет
Высота снежного покрова (см)	49	*)	47
Облачность: количество (баллы)	10	7	10
форма	слоистые	слоисто-кучевые	**)
Видимость (км)	10	10	0,5
Атмосферные явления	нет	нет	туман
Наблюдения произвел	Куприянов Виктор	Маслова Людмила	Зайцев Семен

*) Наблюдения по данным метеорол огическим элементам не производились.
**) Определить формы облаков не представилось возможным (из-за тумана).

влажности он удлиняется, при уменьшении — укорачивается. Изменения длины волоса передаются при помощи особого приспособления стрелке, и она движется по шкале вправо или влево. Для большей точности измерений желательно периодически проверять показания гигрометра на ближайшей государственной метеорологической станции.

Направление и *скорость ветра* показывает флюгер, установленный на столбе высотой около 10 м на открытом месте. Флюгер состоит из флюгарки, вращающейся вокруг вертикальной оси, и железной доски, которая свободно висит над флюгаркой около горизонтальной оси, соединенной с трубкой флюгарки. При вращении флюгарки ее противовес указывает направление ветра (откуда ветер дует). Металлическая доска всегда находится в положении, перпендикулярном к направлению ветра, и потому отклоняется под его давлением на некоторый угол. По этому углу, отсчитываемому по дуге с восемью штифтами-указателями, определяется скорость ветра. Если флюгера нет, направление ветра определяют по вымпелу, а скорость — визуально, оценивая действие ветра на окружающие предметы по двенадцатибалльной шкале, см. рисунки на стр. 413.

Количество осадков, выпавших из облаков, измеряется *осадкомером* — дождемерным ведром с приемной площадью 200 см^2. Осадкомер устанавливают на столбе и огораживают футляром из тонких планок. Зимой в дождемерном ведре скапливается снег и осадки измеряют после того, как он растает в теплом помещении. Высоту снежного покрова измеряют деревянной снегомерной рейкой, разделенной на сантиметры. Рейку устанавливают вертикально, так, чтобы нулевое деление совпало с ее нижним концом и находилось на уровне поверхности почвы.

Кроме барометра, который постоянно находится в помещении, все приборы устанавливаются под открытым небом на ровной площадке, как можно дальше от здания школы, деревьев и т. п. За облаками наблюдают визуально. При определении количества облаков наблюдатель мысленно делит небосвод на десять равных частей (баллов) и отмечает, сколько таких частей закрыто облаками. При безоблачном небе количество облаков равно 0 баллов, а если оно полностью закрыто облаками — 10 баллам. Если же облаками покрыты $^1/_{10}$, $^2/_{10}$, $^3/_{10}$ части небесного свода, то количество облаков равно соответственно 1, 2, 3 баллам. При определении форм облаков пользуются специальным альбомом фотоснимков — атласом облаков. Визуально определяют и дальность видимости, которая зависит от степени помутнения атмосферы. Для этого на окружающей местности выбирают несколько достаточно больших и возможно более темных предметов на разном расстоянии от места наблюдения (расстояние до предметов должно быть известно). Определение видимости сводится к тому, чтобы установить, какой из предметов оказывается в данный момент далеким.

Отсчеты по приборам и визуальные наблюдения на школьной метеостанции делаются несколько раз в день. Результаты заносятся в специальный журнал, примерная форма которого показана в таблице.

Справочный отдел

Общие сведения о Земле

Земля как планета

Наибольшее расстояние от Земли до Солнца (афелий, начало—5 июля)	152 000 000 км
Наименьшее расстояние от Земли до Солнца (перигелий, начало 3 января)	147 000 000 км
Среднее расстояние от Земли до Солнца (приближенно)	149 509 000 км
Время прохождения света от Солнца до Земли	8 мин 18 с
Видимый угловой диаметр Солнца	32′
Период обращения Земли вокруг Солнца (тропический год)	365 дней 5 ч 48 м 46 с
Длина земной орбиты	939 120 000 км
Средняя скорость движения Земли по орбите	29,76 км/с
Наклон земной оси к плоскости эклиптики (плоскости орбиты)	66°33′19″
Время полного оборота вокруг своей оси (звездные сутки)	23 ч 56 м 4,1 с ср. солн. врем.
Скорость точки экватора вследствие суточного вращения Земли	465 м/с
Среднее расстояние от Земли до Луны	384 395 км

Размеры земного шара (эллипсоида)

(по Ф. Н. Красовскому и А. А. Изотову)

Экваториальный радиус	6378 км
Полярный радиус	6357 км
Средний радиус Земли	6371 км
Длина экватора	40 076 км
Длина меридиана	40 008 км
Поверхность Земли	510 млн. км^2
Поверхность Мирового океана	361 млн. км^2 (70,8%)
Поверхность суши	149 млн. км^2 (29,0%)
Объем Земли	1 083 320 млн. км^3
Масса Земли	5,975 10^{24}, из которых около 7% приходится на воду
Средняя плотность Земли	5,52 г/см^3

Химический состав земной коры

(в % по весу,
по А. П. Виноградову, 1950 г.)

Элементы	%
Кислород	46,8
Кремний	27,3
Алюминий	8,7
Железо	5,1
Кальций	3,6
Натрий	2,6
Калий	2,6
Магний	2,1
Прочие	1,2
Всего:	100,0

Полуденная высота центра Солнца над горизонтом на разных широтах в дни равноденствий и солнцестояний

(в градусах)

Широта (в градусах)	21.III — весеннее равноденствие	22.VI — летнее солнцестояние	23.IX — осеннее равноденствие	22.XII — зимнее солнцестояние
90 — Сев. полюс	0	23,5	0	— 23,5*
85	5	28,5	5	— 18,5
80	10	33,5	10	— 13,5
75	15	38,5	15	— 8,5
70	20	43,5	20	— 3,5
68	22	45,5	22	— 1,5
66,5 — Сев. поляр. круг	23,5	47,0	23,5	0,0

* «Минус» означает, что Солнце стоит ниже горизонта.

Самые жаркие места на Земле

Калифорния,
Сахара,
Аравия,
Иран,
Средняя Азия.
В Долине Смерти
(США, Калифорния)
10 июля 1913 г.
температура была 56°,7,
а в Триполи
(Северная Африка)
13 сентября 1922 г.
было 58°.

Самые холодные места на Земле

Гренландия,
северо-восток Азии
и Антарктида.
Средняя температура
января
в Верхоянске — 50°,5.
В 1892 г. здесь был
мороз 69°,8.
В 1933 г. в Оймяконе
мороз достигал 72°,
а в 1958 г.
в Антарктиде — 88°,3.

Продолжительность дня на разных широтах в Северном полушарии

Широта (в градусах)	Самый длинный день (лето)	Самый короткий день (зима)
0 — экватор	12 ч 00 мин	12 ч 00 мин
10	12 » 35 »	11 » 25 »
30	13 » 56 »	10 » 04 »
40	14 » 51 »	9 » 09 »
50	16 » 09 »	7 » 51 »
66,5	24 » 00 »	0 » 00 »

Наибольшее среднегодовое количество осадков в районах:

Черапунджи — Индия — 10 824 мм;
Дебунджа — Камерун — 9655 мм;
Андагоя — Колумбия — 7140 мм.

Наименьшее среднегодовое количество осадков в районах:

Дахла — Арабская Республика Египет — 1 мм;
Икике — Чили — 3 мм.

За Полярным кругом

Широта (в градусах)	Солнце не заходит (в сутках)	
66,5	1	1
70	64	64
80	133	127
90	186	179

Океаны

Название	Площадь (в млн. км)	Процент к площади всей земли	Процент к площади всей водной поверхности	Глубина (в м) средняя	Глубина (в м) распространенная	Глубина (в м) наибольшая
Тихий	179,7	35,2	49,8	4028	3500—6000	11 022 — Марианский желоб
Атлантический	93,3	18,4	25,9	3332	3400—5300	8428 — Южно-Сандвичев желоб
Индийский	74,9	14,7	20,7	3897	2000—4500	7450 — Яванский желоб
Сев. Ледовитый	13,1	2,7	3,6	1205	1000—4000	5449 — центральная часть океана
Итого:	361,0	71,0	100,0	—	—	

Глубоководные океанические впадины

Название	Наибольшая глубина (в м)	Где находится	Корабль, страна и год измерения
Тихий океан			
Марианский желоб	11 022	У Марианских о-вов	„Витязь“, СССР, 1957
Тонга	10 882	У о-вов Тонга, восточнее Австралии	„Витязь“, СССР, 1957
Филиппинский желоб	10 497	У вост. побережья Филиппинских о-вов	„Кейп Джонсон“, США, 1945
Кермадек	10 047	У о-вов Кермадек, близ Новой Зеландии	„Витязь“, СССР, 1958
Курило-Камчатский желоб	9717	Восточнее о-ва Итуруп (Курильские о-ва)	„Витязь“, СССР, 1954
Бугенвиль	9140	Западнее о-ва Бугенвиль (Соломоновы о-ва)	„Планет“, Германия, 1910
Японский желоб	8412	К ю.-в. от Японии	„С. Ф. Берд“, США, 1953
Чилийский желоб	8050	У зап. побережья Южной Америки	„С. Ф. Берд“, США, 1957
Алеутский желоб	7822	У Алеутских о-вов	„Челан“, США, 1956
Центрально-Американский желоб	6662	У зап. побережья Центральной Америки	„EPCE (P)857“, США, 1952
Атлантический океан			
Южно-Сандвичев желоб	8428	У Южн. Сандвичевых о-вов, к вост. от Огненной Земли	„Вима“, США, 1955—1956
Пуэрто-Рико	8385	У о-ва Пуэрто-Рико (Б. Антильские о-ва)	„Вима“, США, 1958
Романш	7728	В центре Атлантического океана на экваторе	„Альбатрос“, Швеция, 1948
Индийский океан			
Яванский желоб	7450	У о-ва Ява	„Планет“, Германия, 1906

Основные океанические течения

Название	Скорость (в км в сутки)	Холодное или теплое	Где протекает
Атлантический океан			
Северное пассатное	20—45	Теплое	К с. от экватора, от Африки к Антильским о-вам
Антильское	24—36	»	Продолжение Северного пассатного, вдоль Антильских и Багамских о-вов
Флоридское	130	»	Из Мексиканского залива через Флоридский пролив в Атлантический океан
Гольфстрим	72—144	»	Продолжение Флоридского, от берегов Флориды на с.-в. до Б. Ньюфаундлендской банки
Северо-Атлантическое	5,5—25	»	Продолжение Гольфстрима на с.-в., к с.-з. Европы
Лабрадорское	24—28	Холодное	Вдоль с.-в. берега Сев. Америки
Южное пассатное	20—65	Теплое	К ю. от экватора, от Африки к Южн. Америке
Бразильское	24—48	»	Вдоль ю.-в. берега Южн. Америки
Фолклендское	24—48	Холодное	От мыса Горн на с.-в.
Бенгельское	24—48	»	Вдоль ю.-з. берега Африки
Канарское	22—45	»	Вдоль с.-з. берега Африки
Гвинейское	22—75	Теплое	Вдоль берегов Гвинейского залива
Течение Западных ветров	20—45	Холодное	Вдоль параллелей 42—48° ю. ш. от берегов Южн. Америки
Тихий океан			
Южное пассатное,	40—185	Теплое	Вдоль экватора от о-вов Галапагос к Новой Гвинее
Восточно-Австралийское	90—50	»	Продолжение Южного пассатного, вдоль вост. берега Австралии на ю. и ю.-в.
Перуанское (Гумбольдта)	25	Холодное	Вдоль ю.-з. берега Южн. Америки к экватору
Северное пассатное	20—45	Теплое	К с. от экватора, от Америки к Филиппинским о-вам
Куро-Сио	на ю. до 144, на с. 24—48	»	Продолжение Северного пассатного, от Филиппинских о-вов вдоль Японии
Камчатское	20—25	Холодное	С с. на ю. вдоль вост. берегов Камчатки
Курильское	20—25	»	Продолжение Камчатского, с с. на ю. вдоль Курильских о-вов
Калифорнийское	24—48	»	С с. на ю. вдоль с.-з. берега Сев. Америки
Межпассатное	20—75	Теплое	Экваториальное противотечение вдоль параллелей 5—8° с. ш.
Северо-Тихоокеанское	25	»	Вдоль параллели 40° с. ш. и берегов Канады

Основные океанические течения (окончание)

Название	Скорость (в км в сутки)	Холодное или теплое	Где протекает
Индийский океан			
Западно-Австралийское	20—30	Холодное	С ю. на с. вдоль зап. берега Австралии к экватору
Южное пассатное	до 60	Теплое	Южнее экватора, от Австралии к Мадагаскару
Мадагаскарское	48—72	»	Вдоль Мадагаскара на ю.-з.
Мозамбикское	70—90	»	Между Мадагаскаром и Африкой, с с. на ю.
Игольное	60—90	»	Вдоль ю.-в. берега Африки
Сомалийское	до 76	Холодное	Вдоль побережья п-ова Сомали
Муссонное	22—75	Теплое	В северной части океана

Основные моря и крупные заливы

Название	Площадь (в тыс. км²)	Наибольшая глубина (в м)
Тихий океан		
Коралловое	4791	9165
Южно-Китайское	3447	5245
Берингово	2304	4773
Охотское	1590	3372
Японское	978	3669
Восточно-Китайское	752	2717
Банда	695	7440
Яванское	480	67
Сулавеси	435	5842
Калифорнийский залив	177	3292
Атлантический океан		
Карибское	2754	7680
Средиземное	2505	5121
Северное	544	463
Черное	413	2211
Балтийское	386	459
Азовское	38	14
Мексиканский залив	1543	4023
Гвинейский залив	1533	6363
Гудзонов залив	819	274
Бискайский залив	194	5098
Индийский океан		
Аравийское	3683	5875
Арафурское	1037	3680
Тиморское	615	3310
Андаманское	602	4198
Красное	450	2635
Бенгальский залив	2172	5258
Северный Ледовитый океан		
Баренцево	1405	600
Норвежское	1383	4487
Гренландское	1205	4846
Восточно-Сибирское	936	155
Карское	883	620
Баффина	689	2136
Лаптевых	650	2980
Чукотское	582	160
Бофорта	476	4683
Белое	90	330

Важнейшие проливы

Название	Наименьшая ширина (в км)	Бассейны, соединяемые проливом
Баб-эль-Мандебский	27	Красное море и Аденский залив Индийского океана
Басса	224	Тасманово море Тихого океана и Индийский океан
Берингов	35	Берингово море Тихого океана и Чукотское море Северного Ледовитого океана
Босфор	0,7	Черное и Мраморное моря
Гибралтарский	14	Атлантический океан и Средиземное море
Гудзонов	115	Гудзонов залив и Атлантический океан
Дарданеллы	1,3	Мраморное и Эгейское моря
Датский	260	Гренландское море и Атлантический океан
Дейвиса	330	Баффина море и Атлантический океан
Дрейка	900	Тихий и Атлантический океаны
Зондский	26	Яванское море Тихого океана и Индийский океан
Каттегат	60	Балтийское и Северное моря
Керченский	4	Черное и Азовское моря
Корейский	180	Восточно-Китайское и Японское моря
Кука	25	Тасманово море и Тихий океан
Ла-Манш	32	Северное море и Атлантический океан
Лаперуза	43	Охотское и Японское моря
Магелланов	3	Атлантический и Тихий океаны
Малаккский	36	Андаманское море Индийского океана и Южно-Китайское море Тихого океана
Отранто	75	Ионическое и Адриатическое моря
Па-де-Кале (Дуврский)	29	Северное море и Атлантический океан
Сингапурский	4,6	Южно-Китайское море Тихого океана и Индийский океан
Скагеррак	110	Балтийское и Северное моря
Тайваньский	130	Восточно-Китайское и Южно-Китайское моря
Татарский	46	Охотское и Японское моря
Невельского	7,3	Охотское море и Татарский пролив
Торреса	170	Коралловое и Арафурское моря
Флоридский	80	Мексиканский залив и Атлантический океан

Сведения о материках

Название материка	Площадь (в млн. км²)*	Население (в млн. чел., 1969)	Координаты крайних точек материков		Высота (в м) наибольшая	Высота (в м) наименьшая
Евразия	53,9	2666	Сев. — м. ** Челюскин	77°43′ с. ш.	8848 — г. Джомолунгма в Гималаях	—392 *** уровень Мертвого моря
			Южн. — м. Пиай	1°16′ с. ш.		
			Зап. — м. Рока	9°31′ з. д.		
			Вост. — м. Дежнева	169°40′ з. д.		
В том числе *:						
Азия	43,4	2027	Сев. — м. Челюскин	77°43′ с. ш.	8848 — г. Джомолунгма в Гималаях	—392 уровень Мертвого моря
			Южн. — м. Пиай	1°16′ с. ш.		
			Зап. — м. Баба	26°04′ в. д.		
			Вост. — м. Дежнева	169°40′ з. д.		
Европа	10,5	639	Сев. — м. Нордкин	71°08′ с. ш.	5642 — г. Эльбрус на Кавказе	—28 уровень Каспийского моря
			Южн. — м. Марроки	36° с. ш.		
			Зап. — м. Рока	9°31′ з. д.		
			Вост. — Полярный Урал	67°20′ в. д.		

Сведения о материках (окончание)

Название материка	Площадь (в млн. км²)*	Население (в млн. чел., 1969)	Координаты крайних точек материков		Высота (в м) наибольшая	наименьшая
Северная Америка (включая Центральную Америку)	24,2	314	Сев. — м. Мёрчисон Южн. — м. Марьято Зап.—м. Принца Уэльского Вост. — м. Сент-Чарлз	71°58′ с. ш. 7°12′ с. ш. 168°05′ з. д. 55°40′ з. д.	6193 — г. Мак-Кинли в Аляскинском хребте	—85 Долина Смерти в Большом Бассейне
Южная Америка	18,2	181	Сев. — м. Гальинас Южн. — м. Фроуард Зап. — м. Париньяс Вост. — Кабу-Бранку	12°25′ с. ш. 53°54′ ю. ш. 81°20′ з. д. 34°46′ з. д.	6960 — г. Аконкагуа в Андах	—35 уровень озера Салинас-Чикас
Африка	30,3	340	Сев. — Эль-Абьяд Южн. — м. Игольный Зап. — м. Алмади Вост. — м. Хафун	37°20′ с. ш. 34°52′ ю. ш. 17°32′ з. д. 51°23′ в. д.	5895 — г. Килиманджаро	—150 уровень впадины Ассаль
Австралия	7,6	18,6	Сев. — м. Йорк Южн. — м. Вильсон Зап. — м. Стип-Пойнт Вост. — м. Байрон	10°41′ ю. ш. 39°11′ ю. ш. 113°05′ в. д. 153°39′ в. д.	2230 — г. Косцюшко в Австралийских Альпах	—12 уровень оз. Эйр
Антарктида	14,1	—	Сев. — м. Сифре на п-ове Антарктическом	63°13′ ю. ш.	5140 — г. Винсон (Земля Элсуэрта)	28 (полярное плато)
Всего:	149,0	3520				

* С прилегающими островами.
** м. — мыс.
*** Знак «—» означает ниже уровня океана.

Крупнейшие архипелаги и острова

Название	Площадь (в тыс. км²)	Местоположение
Евразия		
Большие Зондские о-ва	1400,0	Зап. часть Тихого океана
Калимантан (Борнео)	734,0	Зап. часть Тихого океана
Суматра	434,0	Зап. часть Тихого океана
Сулавеси (Целебес)	179,0	Зап. часть Тихого океана
Ява	126,0	Зап. часть Тихого океана
Японские о-ва	372,0	Сев.-зап. часть Тихого океана
Хонсю	226,0	Сев.-зап. часть Тихого океана
Хоккайдо	77,9	Сев.-зап. часть Тихого океана
Британские о-ва	325,0	Сев.-вост. часть Атлантического океана
Великобритания	230,0	Сев.-вост. часть Атлантического океана
Ирландия	84,4	Сев.-вост. часть Атлантического океана
Филиппинские о-ва	299,7	Зап. часть Тихого океана
Лусон	106,0	Зап. часть Тихого океана
Минданао	94,6	Зап. часть Тихого океана
Исландия	103,0	Сев. часть Атлантического океана
Новая Земля	82,6	Баренцево море
Сахалин	76,4	Сев.-зап. часть Тихого океана
Цейлон	65,6	Сев. часть Индийского океана
Шпицберген	62,1	Граница Гренландского и Баренцева морей

Крупнейшие архипелаги и острова (окончание)

Название	Площадь (в тыс. км²)	Местоположение
Новосибирские о-ва	38,4	Вост.-Сибирское море
Северная Земля	37,5	Карское море
Тайвань	36,0	Зап. часть Тихого океана
Сицилия	25,4	Средиземное море
Сардиния	23,8	Средиземное море
Земля Франца-Иосифа	16,0	Баренцево море
Курильские о-ва	15,6	Охотское море
Кипр	9,3	Средиземное море
Корсика	8,7	Средиземное море
Врангеля, о-в	7,3	Чукотское море
Зеландия	7,0	Балтийское море
Балеарские о-ва	5,0	Средиземное море
Моонзундский архипелаг	4,0	Балтийское море
Вайгач	3,4	Баренцево море
Азорские о-ва	2,3	Вост. часть Атлантического океана
Сингапур	0,5	Южно-Китайское море
Мальта	0,3	Средиземное море
Африка		
Мадагаскар	590,0	Индийский океан
Реюньон	2,5	Индийский океан
Маврикий	1,8	Индийский океан
Занзибар	1,6	Индийский океан
Северная и Центральная Америка		
Канадский арктический архипелаг	1300,0	Сев. Ледовитый и Атлантический океаны
Баффинова Земля	512,0	Сев. Ледовитый и Атлантический океаны
Виктория	215,0	Сев. Ледовитый и Атлантический океаны
Элсмир	200,4	Сев. Ледовитый и Атлантический океаны
Гренландия	2176,0	Атлантический и Сев. Ледовитый океаны
Большие Антильские о-ва	220,0	Карибское море
Куба	114,5	Карибское море
Гаити	77,3	Карибское море
Ямайка	11,4	Карибское море
Пуэрто-Рико	8,9	Карибское море
Ньюфаундленд	111,0	Сев.-зап. часть Атлантического океана
Алеутские о-ва	37,8	Сев.-вост. часть Тихого океана
Южная Америка		
Огненная Земля (архипелаг)	72,0	Юго-зап. часть Атлантического океана
Фолклендские (Мальвинские) о-ва	11,9	Юго-зап. часть Атлантического океана
Австралия и Океания		
Новая Гвинея (Ириан)	829,0	Зап. часть Тихого океана
Новая Зеландия	265,0	Юго-зап. часть Тихого океана
Тасмания	67,9	Юго-вост. часть Индийского океана
Новая Британия, о-в	37,8	Зап. часть Тихого океана
Новая Каледония	16,1	Юго-зап. часть Тихого океана
Гавайские о-ва	16,6	Центр. часть Тихого океана
Антарктика		
Земля Александра I	43,2	Южная часть Тихого океана

Крупнейшие полуострова

Название	Площадь (в тыс. км²)
Евразия	
Аравийский	2730
Индокитай	2088
Индостан	2000
Скандинавский	800
Пиренейский	584
Малая Азия	506,6
Балканский	468
Камчатка	370
Малаккский	190
Корея	218,2
Апеннинский	149
Ямал	122
Таймырский	400
Кольский	120,7
Синайский	59
Чукотка	49
Ютландия	39,5
Крымский	25,7
Бретань	23,0
Пелопоннес	22,2
Калабрия	14
Канин	10,5
Африка	
Сомали	750
Северная Америка	
Лабрадор	1300
Калифорния	143
Флорида	110
Юкатан	180
Новая Шотландия	44
Аляска	22
Делавэр	13,5
Австралия	
Кейп-Йорк	300
Антарктика	
Западная Антарктика	2690

Крупнейшие озера

Название	Площадь (в тыс. км²)	Высота над уровнем моря (в м)	Наибольшая глубина (в м)
Евразия			
Каспийское море	371,0	—28	1025
Аральское море	66,5	53	68
Байкал	31,5	455	1620
Ладожское	18,4	5	225
Балхаш	18,2	342	26,0
Онежское	9,6	33	110
Иссык-Куль	6,2	1609	702
Венерн	5,5	44	100
Резайе (Урмия)	4,7	1275	16
Таймырское	4,5	6	26
Ханка	4,4	69	10
Кукунор	4,2	3205	38
Дунтинху	3,9	—	—
Ван	3,7	1720	25
Чудское с Псковским	3,5	30	14
Хубсугул	3,4	1624	238
Чаны	2,6	105	12—7
Ильмень	2,3	18	11—3,3
Тайху	2,2	—	—
Алаколь	2,1	340	53
Севан	1,4	1914	99
Меларен	1,1	0	64
Мертвое море	1,0	392	356
Имандра	0,9	126	67
Балатон	0,5	105	11
Женевское	0,5	372	310
Боденское	0,5	395	252
Гарда	0,4	65	346
Телецкое	0,2	436	325
Африка			
Виктория	68,8	1134	80
Танганьика	32,9	773	1435
Ньяса	30,8	472	706
Чад	22	281	4
Рудольф	8,6	375	73
Альберт	5,3	619	48
Мверу	4,9	917	12

Крупнейшие озера (окончание)

Название	Площадь (в тыс. км²)	Высота над уровнем моря (в м)	Наибольшая глубина (в м)
Северная Америка			
Верхнее	82,4	183	393
Гурон	59,6	177	228
Мичиган	58,0	177	281
Большое Медвежье	31,0	119	137
Большое Невольничье	28,6	156	150
Эри	25,7	174	64
Виннипег	24,3	217	28
Онтарио	19,5	75	237
Никарагуа	8,0	32	70
Атабаска	7,9	213	60
Большое Соленое	4,6	1282	16
Южная Америка			
Маракайбо	16,3	0	250
Титикака	8,3	3812	304
Австралия			
Эйр	8,2	—12	—
Гэрднер	7,7	111	—
Торренс	5,8	34	—

Важнейшие реки на Земле

Название	Куда впадает	Длина (в км)	Площадь бассейна (в тыс. км²)	Средний годовой расход в устье (м³/с)	Судоходство от устья (в км)	Главные населенные пункты, порты и пристани
Евразия						
Янцзы	Восточно-Китайское море	5520	1800,0	31 000	2850	Чунцин, Ухань, Нанкин
Обь (с Иртышом)	Карское море	5410 (от слияния рек Бии и Катуни — 3680)	2975	12 600	На всем протяжении	Барнаул, Новосибирск, Колпашево Салехард
Иртыш (верхнее течение — Черный Иртыш)	р. Обь	4248	1643	5600	3600	Семипалатинск, Павлодар, Омск, Тобольск
Хуанхэ	Желтое море	4670	745	1500	160	Ланьчжоу, Баотоу, Кайфын, Цзинань
Меконг (верхнее течение — Дзачу и Ланьцзанцзян)	Южно-Китайское море	4500	810	12 000	700, в половодье 1600	Луанг-Прабанг, Вьентьян (Лаос), Пномпень (Камбоджа)
Амур (с Шилкой и Ононом)	Охотское море	4416 (от слияния рек Шилки и Аргуни — 2846)	1855	12 500	На всем протяжении	Благовещенск, Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре
Шилка (с Ингодой)	р. Амур	1268	206	495	До Сретенска	—
Онон	р. Шилка	1032	96,2	173	—	—
Лена	Море Лаптевых	4400	2490	16 400	До Усть-Кута	Усть-Кут, Киренск, Ленск, Якутск,

Важнейшие реки на Земле (продолжение)

Название	Куда впадает	Длина (в км)	Площадь бассейна (в тыс. км^2)	Средний годовой расход в устье ($м^3/с$)	Судоходство от устья (в км)	Главные населенные пункты, порты, пристани
Енисей (с Бий-Хемом)	Карское море	4092	2580	19 600	1997	Минусинск, Красноярск, Енисейск, Игарка
Волга	Каспийское море	3531	1360	8000	До Ржева	Калинин, Рыбинск, Ярославль, Горький, Казань, Ульяновск, Куйбышев, Саратов, Волгоград, Астрахань
Инд	Аравийское море	3190	960	3850	До Дера-исмаил-хана	Хайдарабад, Карачи
Сырдарья (с Нарыном)	Аральское море	2991	462	430	До Казалинска	Казалинск, Ленинабад, Кзыл-Орда
Брахмапутра	Бенгальский залив	2900	670	12 100	1290	—
Дунай	Черное море	2850	817	6430	До Регенсбурга	Регенсбург (ФРГ), Линц, Вена (Австрия), Братислава (Чехословакия), Будапешт (Венгрия), Нови Сад, Белград (Югославия), Русе (Болгария), Брэила, Галац (Румыния), Измаил (СССР)
Ганг	Бенгальский залив	2700	1060	13 000	1450	Аллахабад, Варанаси, Путна (Индия)
Евфрат (в нижнем течении—р. Шатт-Эль-Араб)	Персидский залив	2760	673	458	До Хита	—
Амударья (с Пянджем и Вахджиром)	Аральское море	2600 (от слияния рек Вахша и Пянджа—1400)	465	1330	До Чарджоу	Керки, Чарджоу, Нукус
Колыма	Вост.-Сибирское море	2513	647	3800	До устья Боханчи	Среднеколымск
Урал	Каспийское море	2534	231	360	До Уральска	Магнитогорск, Орск, Оренбург, Уральск, Гурьев
Оленек	Море Лаптевых	2270	219	1800	До Сухана	—
Днепр	Черное море	2201	504	1660	До Дорогобужа	Могилев, Киев, Черкассы, Кременчуг, Днепропетровск, Запорожье, Херсон
Иравади	Андаманское море	2150	430	13 600	1100	Мандалай, Рангун

Важнейшие реки на Земле (продолжение)

Название	Куда впадает	Длина (в км)	Площадь бассейна (в тыс. км²)	Средний годовой расход в устье (м³/с)	Судоходство от устья (в км)	Главные населенные пункты, порты, пристани
Индигирка	Вост.-Сибирское море	1977	360	1810	1050	—
Тигр	Персидский залив	1890	375	1240	До Багдада	Диярбакыр (Турция), Мосул, Багдад (Ирак)
Дон	Азовское море	1870	422	930	1355	Лебедянь, Павловск, Ростов-на-Дону
Печора	Баренцево море	1809	322	4060	До Печоры	Печора, Усть-Цильма, Нарьян-Мар
Кама	р. Волга	2030	522	3800	До Керчевского	Соликамск, Пермь, Чистополь
Хатанга (с р. Катуй)	Море Лаптевых	1636	364	3280	Судоходна	—
Кура	Каспийское море	1515	188	580	До Евлаха	Боржоми, Тбилиси, Мингечаур, Евлах
Яна (с р. Сартанг)	Море Лаптевых	1872	238	1000	До Верхоянска	Верхоянск
Ока	р. Волга	1480	245	1200	До Чекалина	Орел, Калуга, Рязань, Муром, Горький
Днестр	Черное море	1352	72,1	339	До Галича	Могилев-Подольский, Бендеры, Тирасполь
Рейн	Северное море	1320	251,8	2500	886	Базель (Швейцария), Страсбург (Франция), Майнц, Кельн, Дуйсбург (ФРГ), Роттердам (Нидерланды)
Северная Двина с (Сухоной)	Белое море	1302	357	3560	До Великого Устюга	Котлас, Архангельск
Эльба (Лаба)	Северное море	1150	148	694	947	Дрезден, Магдебург (ГДР), Гамбург (ФРГ)
Анадырь	Берингово море	1145	191	1400	До Марково	—
Висла	Балтийское море	1090	198,0	1200	До Варшавы	Краков, Варшава, Торунь, Гданьск
Западная Двина (Даугава)	Балтийское море	1020	88,0	600	До впадения р. Торопы	Велиж, Витебск, Рига
Луара	Бискайский залив Атлантического океана	1020	120	935	До Роанна	Роанн, Орлеан, Тур, Нант
Тахо (Тежу)	Атлантический океан	910	81	360	До Сантарена	Толедо, Лиссабон
Африка						
Нил (с Кагерой)	Средиземное море	6670	2870	2284	До Асуана	Хартум, Асуан, Каир
Конго (с Луалабой)	Атлантический океан	4320	3690	39 000	Разные участки реки	Кисангани, Киншаса

Важнейшие реки на Земле (окончание)

Название	Куда впадает	Длина (в км)	Площадь бассейна (в тыс. км²)	Средний годовой расход в устье (м³/с)	Судоходство от устья (в км)	Главные населенные пункты, порты, пристани
Нигер	Гвинейский залив (Атлантический океан)	4160	2092	12 000	Разные участки реки	Бамако, Ниамей, Джебба, Порт-Харкорт
Замбези	Мозамбикский пролив (Индийский океан)	2660	1330	16 000	700	—
Оранжевая	Атлантический океан	1860	1020	345	В среднем течении	Аливал-Норт, Приска, Анингтон
Сенегал (с р. Бафинг)	Атлантический океан	1430	440	—	283, в высокую воду — 640	Бафулабе, Сен-Луи
Гамбия	Атлантический океан	1200	180	—	467	Батёрст
Северная Америка						
Миссисипи (с Миссури)	Мексиканский залив	6215 (собств. Миссисипи — 3780)	3248	19 000	3000	Миннеаполис, Сен-Пол, Сент-Луис, Мемфис, Новый Орлеан
Макензи (с Атабаской)	Море Бофорта	4240	1760	15 000	2000	Норман-Уэлс
Юкон	Берингово море	3180	900	2000	3200	Уайтхорс, Доусон
Колумбия	Тихий океан	1250	772	5571	1038	Ричленд, Ванкувер
Нельсон (с р. Саскачеван)	Гудзонов залив	740	960	1086	1450 (на отдельных участках)	—
Колорадо	Калифорнийский залив (Тихий океан)	2640	590	3811	980	—
Святого Лаврентия	Залив Св. Лаврентия (Атлантический океан)	3060 (от истоков р. Сен-Луи)	1378	4400	—	Монреаль, Квебек (Канада)
Южная Америка						
Амазонка (с Мараньоном)	Атлантический океан	5510	6120	120 000	4300	Икитос, Сантарен, Белен
Парана	Залив Ла-Плата (Атлантический океан)	4700	3104	14 880	До Санта-Фе	Санта-Фе, Парана, Росарио, Буэнос-Айрес
Ориноко	Атлантический океан	2740	944	14 000	—	Сьюдад-Боливар
Уругвай (с р. Пелотас)	Залив Ла-Плата (Атлантический океан)	1610	358	5400	До Сальто	Конкордия (Аргентина), Сальто, Фрай-Бентос (Уругвай)
Австралия						
Муррей	Индийский океан	2570	1160	270	1700	Албери, Ренмарк

Наиболее известные водопады мира

Название	Высота падения (в м)	Местонахождение
Евразия		
Бьельвефосс	866	р. Бьельвефосс, Норвегия
Гаварни	422	р. Гав-де-Гаварни, Франция
Штауббах	298	р. Вейсе-Лючине, Швейцария
Герсоппа	252	р. Шаравати, Индия
Илья Муромец	141	Курильские о-ва (о-в Итуруп), СССР
Девяти драконов (Киленц)	100	р. Куренчхён, Корея
Кавери	91	р. Кавери, Индия
Кон	21	р. Меконг, граница Камбоджи и Южн. Вьетнама
Рейнский (Шафгаузен)	20	р. Рейн, Швейцария
Иматра	18	р. Вуокса, Финляндия
Кивач	11	р. Суна, Карелия, СССР
Нарвский	7	р. Нарва, СССР
Африка		
Тугела	933	р. Тугела, Южно-Африканская Республика
Каламбо	427	р. Каламбо, граница Танзании и Замбии
Ауграбис	146	р. Оранжевая, Южно-Африканская Республика
Виктория	120	р. Замбези, граница Замбии и Южн. Родезии
Мёрчисон	120	р. Виктория-Нил, Уганда
Стэнли	60	р. Конго, Демократическая Республика Конго
Северная Америка		
Йосемитский	727,5	р. Мерсед, США
Риббон	484	р. Мерсед, США
Аппер-Йосемите	435	р. Йосемите, США
Виргиния	96	р. Южная Наханни, США
Лоуэр-Фолс	93	р. Йеллоустон, США
Гранд-Фолс	74	р. Гамильтон, Канада
Шошони	59	р. Снейк, США
Ниагарский	48—51	р. Ниагара, граница Канады и США
Южная Америка		
Анхель	1054	р. Чурун (басс.р. Ориноко), Венесуэла
Рорайма	457	р. Потаро, Гайана
Текендама	137	р. Богота, Колумбия
Игуасу	72	р. Игуасу, граница Бразилии и Аргентины
Сети Кедас (Гуайра)	40	р. Парана, близ границы Бразилии и Парагвая
Австралия и Океания		
Сатерленд	580	р. Артур, Новая Зеландия
Уолломомби	519	р. Маклей, Австралийский Союз

Современное оледенение Земли

(по данным 1967 г.)

Области распространения	Общая площадь оледенения (в тыс. км²)
Антарктика с прилегающими островами	12 630
Арктика	2073
Северная Америка	77
Южная Америка	25
Азия	120
Европа	10,8
Африка	0,05
Новая Зеландия и Новая Гвинея	1,01
Вся Земля:	14 936,86

Наиболее известные вулканы

Название	Высота (в м)	Первое и последнее известные извержения (годы)
Евразия		
Ключевская сопка	4750	1697—1956
Фудзияма	3776	1708
Этна	3263	ок. 1500 до н. э.—1964
Авачинская сопка	2741	1735
Гекла	1447	1104—1948
Везувий	1277	79—1944
Стромболи	926	до 5 в. н. э.—1954
Кракатау	813	1680—1950
Санторин	584	1946
Африка		
Меру	4567	1910
Камерун	4069	1922—1959
Северная Америка		
Попокатепетль	5452	1932
Мон-Пеле	1350	1792—1932
Южная Америка		
Котопахи	5897	1904
Австралия и Океания		
Мауна-Лоа (Гавайские о-ва)	4170	1750—1949
Руапеху (Новая Зеландия)	2796	1945
Антарктида		
Эребус	3794	—

Важнейшие горные системы, хребты и вершины

Названия гор	Протяжение (в км)	Наибольшая высота (в м)	Название вершины	Первое восхождение
Евразия				
Гималаи	св. 2400	8848	Джомолунгма (Эверест)	1953
		8585	Канченджанга	1935
		8221	Дхаулагири	1960
		8126	Нанга-Парбат	1953
Каракорум	400	8611	Чогори	1954
Куньлунь	3850	7723	Улугмузтаг	1954
Гиндукуш	1000	7690	Тирич-Мир	1950
Сино-Тибетские (Сычуанские Альпы)	900	7590	Гунгашань	1932
Памир	—	7495	Пик Коммунизма	1933
	—	7134	Пик Ленина	1928
Тянь-Шань	ок. 2500	7439	Пик Победы	1956
Трансгималаи (Гандисышань)	1200	7088	Ньенчен-Тангла	—

Важнейшие горные системы, хребты и вершины (продолжение)

Название	Протяжение (в км)	Наибольшая высота (в м)	Название вершины	Первое восхождение
Тянь-Шань	ок. 2500	6995	Хан-Тенгри	1931
Большой Кавказ	1500	5642	Эльбрус	1829
Эльбурс	650	5604	Демавенд	1860
Большой Кавказ		5203	Дыхтау	1888
		5047	Казбек	1868
Альпы	1200	4807	Монблан	1786
		4634	Дюфур	1855
		4477	Маттерхорн	1865
Алтай		4506	Белуха	1910
Монгольский Алтай	1500	4356	Табын-Богдо-Ола	—
Андалузские горы	500	3478	Муласен	1934
Малый Кавказ	—	3724	Гямыш	—
Саяны	—	3491	Мунку-Сардык	—
Пиренеи	450	3404	Ането	1842
Хребет Черского	1000	3147	Победа	1933
Апеннины	1500	2914	Корно	1903
Зап. Гаты	св. 1200	2698	Анаймуди	
Карпаты	1500	2665	Герлаховски-Штит	
Динарские горы	650	2526	Боботов-Кут	
Скандинавские горы	ок. 1500	2469	Гальхёпигген	
Балканы	600	2376	Ботев	
Уральские горы	2100	1894	На́родная	
Центр. французский массив	—	1886	Пюи-де-Санси	
Вост. Гаты	св. 1000	1680	Деводи-Мунда	
Крымские горы	150	1545	Роман-Кош	
Пеннины (Великобритания)	200	893	Кросс-Фелл	
Африка				
Массив Килиманджаро	—	5895	Килиманджаро	1889
Атласские горы	2300	4165	Джебель-Тубкаль	1923
Драконовы горы	1200	3657	Каткин-Пик	
Северная Америка				
Кордильеры (с Андами)	15 000	6193	Мак-Кинли	1913
Скалистые горы	4300	4399	Элберт	1898
Аппалачи	2100	2037	Митчелл	1842
Сьерра-Невада	750	4418	Уитни	1875

Важнейшие горные системы, хребты и вершины (окончание)

Название	Протяжение (в км)	Наибольшая высота (в м)	Название вершины	Первое восхождение
Каскадные горы	900	4391	Рейнир	1870
Южная Америка				
Анды	9000	6960	Аконкагуа	1897
		6550	Ильямпу	1898
		6262	Чимборасо	1880
		5897	Котопахи	1872
Австралия				
Австралийские Альпы	300	2230	Косцюшко	1840
Большой Водораздельный хребет	2000	1611	Бартл-Фрир	—
Южные Альпы (Новая Зеландия)		3756	Кука	1894

Плоскогорья, нагорья, плато

Название	Средняя высота (в м)	Наибольшая высота (в м)	Название вершины
Европа			
Месета	600—800	2592	Альмансор
Шотландское нагорье	—	1343	Бен-Невис
Чешско-Моравское плато	400—600	837	—
Баварское плоскогорье	300—600	600	—
Азия			
Тибетское нагорье	4000—5000	6096	Басудан-Ула
Иранское нагорье	500—2000	5821	Севеландаг
Армянское нагорье	1500	5156	Б. Арарат
Малоазиатское нагорье	1000—1500	3916	Эрджияс
Декан, плоскогорье	300—800	—	—
Средне-Сибирское плоскогорье	400—700	2037	Камень
Африка			
Абиссинское нагорье	2500—3000	4620	Рас-Дешан
Ахаггар, нагорье	2500—3500	3003	Тахат
Тибести, нагорье	—	3415	Эми-Кусси
Восточно-Африканское плоскогорье	—	4567	Меру
Северная Америка			
Большой Бассейн	900—1500	3980	Уиллер-Пик
Мексиканское нагорье	1500—2500	5700	Орисаба
Южная Америка			
Боливийское нагорье	3700—3900	6780	Сахама
Бразильское нагорье	600—800	2690	Бандейра
Гвианское нагорье	—	2953	Ауян-Тепуи

Цифровые данные таблиц взяты в основном из Малого атласа мира, издание ГУГК при Совете Министров СССР, 1971 г.

Что читать по географии и геологии

Детская энциклопедия рекомендует читателям прежде всего книги познавательные — научно-популярные, в которых достаточно подробно и доступно излагаются данные той или иной науки. Научно-популярная литература очень интересна — в ней рассказывается не только о сегодняшнем дне науки, но и о научном поиске, будь то экспедиция, лабораторный опыт или размышления ученого. Знакомясь с такой книгой, буквально заглядываешь в будущее. Но имейте в виду, что одни популярные книги написаны проще, другие сложнее. Поэтому не каждая научно-популярная книга с первых же строк увлечет вас. В ней могут встретиться и новые для вас слова, и новые понятия. Бывает и так, что приходится вчитываться в каждую фразу, нужно сделать над собой усилие, чтобы разобраться в том, о чем говорится в книге. Особенно это нужно помнить читателю, впервые обращающемуся к научно-популярной книге. Начинать чтение надо с книг издательства «Детская литература» — они тоже серьезные, но лучше приспособлены к подготовке молодого читателя.

Список литературы к первому тому ДЭ составлен соответственно разделам статей, помещенных в нем и в дополнение к ним.

Для того чтобы вы могли узнать основные сведения о книге, вместе с фамилией автора и ее названием сообщается, в каком городе, каким издательством и когда она выпущена, сколько в ней страниц, есть ли иллюстрации и карты. Дается краткая аннотация, т. е. характеристика книги, где говорится о ее содержании, об авторе, указывается, учащимся каких классов рекомендуется прочесть эту книгу. Сообщается также название серии и библиотеки, в которых она выпускается издательством. Если вам понравится книга какой-либо серии, вы можете потом следить за появлением новых выпусков и собирать их у себя в домашней библиотеке.

Предлагаемую библиографию нельзя считать исчерпывающей. Она содержит лишь часть литературы по наукам о Земле, вышедшей за последние несколько лет. Книги подобраны с расчетом на то, чтобы заинтересовать учащихся VI—X классов.

О вновь выходящих книгах по интересующим вас проблемам науки о Земле, о новых достижениях, изложенных в популярной литературе, об открытиях и находках ученых и путешественников нашего времени вы узнаете из ежемесячного критико-библиографического журнала «В мире книг». В нем есть специальный раздел «Наука и техника», где писатели и ученые увлекательно рассказывают о своих произведениях, а ваши сверстники делятся впечатлениями от прочитанного, высказывают пожелания о том, что хотелось бы им увидеть в издаваемой литературе.

Заинтересовавшую вас книгу вы можете получить в библиотеке, а с помощью библиотекаря предложенный перечень книг и ваши знания о них из других источников могут быть значительно расширены.

Наша планета Земля

Филиппов Л. А.
Колумбы Вселенной. Рис. Ю. Игнатьева. М., «Детская литература», 1970. 111 с.
Эта книга о великих ученых прошлого: Копернике, Галилее, Кеплере, Ньютоне, которые, раскрывая людям истину об устройстве Вселенной, впервые осмелились выступить против авторитета церкви. (VII—VIII кл.)

Гумилевская М. В.
Почему так бывает? Рис. Э. Беньяминсона. М., «Детская литература», 1968. 145 с. с илл.
Почему море соленое? Почему день сменяется ночью? Почему мы видим только одну сторону Луны? Почему идет снег? Почему так бывает? — рассказывает автор. (V—VI кл.)

Арманд Д. Л.
Физическая география в наши дни. М., «Знание», 1968. 48 с. (Наука о Земле).
В книге рассказывается о ландшафтной сфере Земли, новых методах ее изучения и задачах конструктивной географии. (IX—X кл.)

Новиков Э.
Планета загадок. Л., «Недра», 1968. 129 с.
В небольших новеллах рассказывается об истории изучения нашей планеты, ее происхождении, форме, геологическом строении, физических и химических свойствах. (VII—IX кл.)

Забелин И. М.
Молодость древней науки. М., «Просвещение», 1967. 112 с.
Живо и увлекательно рассказывается о биогеносфере — «очаге жизни» на Земле. Из книги можно узнать и о младшей сестре физической географии — астрогеографии, появившейся с проникновением человека в космос. (VIII—X кл.)

Тушинский Г. К.
Космос и ритмы природы Земли. М., «Просвещение», 1966. 120 с. (Новое в науке).
Автор рассказывает о многих периодически повторяющихся явлениях в природе, их причинах, зависимости от циклов солнечной активности, о возможностях предсказания природных явлений. (VIII—X кл.)

Сергеев И. В.
Тайна географических названий. М., «Детская литература», 1963. 238 с. (Школьная б-ка).

Успенский Л. В.
Имя дома твоего. Очерки по топонимике. Л., «Детская литература», 1969. 303 с.
Обе книги посвящены топонимике — науке о географических названиях. Откуда произошли названия и что они значат? Известно ли вам, что величайшие реки и горы мира нередко сохранили названия, родившиеся еще в далекой древности? Обо всем этом рассказывают авторы. (VIII—X кл.)

Недра Земли

Биленкин Д. А.
Спор о загадочной планете. М., «Советская Россия», 1966. 230 с. с илл.
Наша планета показана как бы в разрезе. Вы узнаете о том, какими способами удается «видеть» месторождения на значительных глубинах, как собираются пробурить земную кору. (VIII—X кл.)

Обручев В. А.
Занимательная геология. Изд. 2. М., «Наука», 1965. 344 с. с илл.
«Геология учит нас смотреть открытыми глазами на окружающую природу и понимать историю ее развития»,— говорит академик В. А. Обручев.
Книга знакомит с историей Земли, насчитывающей многие миллионы лет, с геологией — наукой, позволяющей заглядывать в глубь времен. (VIII—X кл.)

Степанов В. Н.
Планетарные процессы и изменения природы Земли. М., «Знание», 1970. 64 с. (Наука о Земле).
Автор рассказывает об обмене вещества и энергии, лежащих в основе грандиозных процессов, происходящих на поверхности Земли, в океанах и атмосфере. (IX—X кл.)

Малахов А. А.
Занимательно о геологии. М., «Молодая гвардия», 1969. 239 с. (Эврика).
Ученый рассказывает о двух основных направлениях геологической науки: историческом, отвечающем на вопросы, когда были те или иные события и как мы об этом узнали, и динамическом, освещающем разнообразные процессы на поверхности Земли и в ее глубинах. (VIII кл.)

Малахов А. А.
Страницы Каменной книги. Свердловск, Средне-Уральское кн. изд-во, 1968. 326 с.
Рассказы, новеллы, повести вводят нас в удивительный мир камня, раскрывают «тайны» происхождения минералов, помогают увидеть необычайные их свойства и вместе с тем повествуют о трудной, но благородной и увлекательной профессии первооткрывателя. (VII—X кл.)

Чуйко А. В. и Чуйко Е. С.
Как живут камни. М., «Детская литература», 1964. 80 с. с илл.
Как рождаются камни, как их старят и разрушают вода и ветер, мороз и солнце, растительные и животные организмы, как долго живут камни и борются за свое существование, как человек защищает их от разрушения. (VII—VIII кл.)

Ферсман А. Е.
Путешествия за камнями. М., Изд-во АН СССР, 1960. 392 с. с илл.
Выдающийся ученый увлекательно рассказывает о своих многочисленных путешествиях и экспедициях, делится впечатлениями о детских и юношеских путешествиях по Крыму, экспедициях по Уралу, Кольскому полуострову, Средней Азии. (VII—VIII кл.)

Ферсман А. Е.
Воспоминания о камне. Изд. 2. М., «Наука», 1969. 152 с.
Увлекательные рассказы о драгоценных камнях, уральских самоцветах, мраморе и др. Автор пишет о богатствах земных недр нашей страны, их исследователях и прекрасных мастерах, обрабатывающих камни. (VII—VIII кл.)

Поверхность Земли

Дижур Б. А.
От подножия до вершины. Рис. О. Зотова. М., «Детская литература», 1967. 64 с.
45 рассказов: о высоких и не очень высоких горах нашей страны; о грозных явлениях, которые происходят в горах; о науках, их изучающих; о камнях, из которых сложены горы, о металлах, скрытых в них; о том, как люди используют металлы для своих нужд. (V—VI кл.)

Ивич А.
70 богатырей. Рис. Э. Беньяминсона и Б. Кыштымова. М., «Детская литература», 1967. 64 с. с илл.
70 богатырей-металлов: о том, как их добыва-

ют, какие у этих металлов свойства и как человек их использует для своих нужд. (V—VI кл.)

Баландин Р. К.
Капли девонского дождя. Геология — от легенд к науке. Рис. Ю. Киселева. М., «Детская литература», 1968. 224 с. с илл.

Читая книгу, вы узнаете, что представляет собой эта наука — геология, как она развивалась, обогащалась новыми сведениями. Проследите пути развития геологических идей от их истоков, от преданий древности к различным современным научным гипотезам.

Список литературы, приведенный в конце книги, поможет углубиться в те или иные области геологических знаний. (VIII кл.)

Мархинин Е. К.
Плутон — созидатель. М., «Знание», 1971. 48 с. (Наука о Земле).

Книга — своеобразный гимн созидающей роли вулканов и романтической науке вулканологии. (VII— X кл.)

Меняйлов А. А.
Вулканы. М., «Знание», 1965. 91 с. с илл. (Наука о Земле).

Жизнь вулканов, то совсем спокойная, то бурная, то таинственная, издавна поражала воображение человека. Страх и суеверие прошлого в наше время сменились живым интересом к деятельности вулканов, стремлением подчинить их, использовать неуемную энергию вулканов на благо человечества. (VIII—X кл.)

Шалимов А.
Пульс Земли. Изд. 2. Худ. Е. Войшвилло. Л., «Детская литература», 1969. 126 с. с илл. (V—VIII кл.)

Руссо Пьер.
Землетрясения. Пер. с франц. М., «Прогресс», 1966. 248 с.

Изучению землетрясений, причинам их возникновения и борьбе с ними, современным достижениям в науке сейсмологии посвящены обе эти книги. (X кл.)

Водная оболочка

Цунц М. З.
Властелин рек. Рис. В. Чапля. М., «Детская литература», 1967. 175 с.

Эта книга является хорошим пособием к учебнику географии. Вы узнаете о Сибири — крае будущего, об изучении и покорении великих сибирских рек, о том, как вода может быть другом и врагом человека. (VI—VII кл.)

Горский Н. Н.
Тайны океана. Изд. 2, переработ. и доп. М., «Наука», 1968. 272 с. с илл.

Увлекательно рассказывает автор о древнем, таинственном океане, о достижениях зарубежной и советской океанологии и о многих разгаданных и неразгаданных тайнах Мирового океана. (VIII—X кл.)

Кусто Ж., Дюма Ф. и Даген Д.
В мире безмолвия. Живое море. Пер. с англ. Худ. Р. Авотин. М., «Знание», 1966. 462 с. с илл.

Несколько отважных французов, ученых-океанографов, вооруженных легкими аквалангами, проникли в глубины моря и занимались там археологическими изысканиями, подводной охотой и фотосъемкой. Группой Кусто были сняты фильмы «Мир тишины» и «Мир без солнца». (VII—X кл.)

Круговорот воды.
Сборник. Ред.-сост. Л. С. Абрамов. М., «Знание», 1966. 160 с. (Народный ун-т).

Природные воды разнообразны, но тесно связаны между собой. Их изучают разные специалисты, но работают они порой разобщенно. Это, безусловно, мешает делу. Поэтому совместное выступление исследователей, изучающих отдельные звенья круговорота воды, делает книгу интересной и увлекательной. (VIII—X кл.)

Ходаков В. Г.
Снега и льды Земли. М., «Наука», 1969. 163 с. с илл., карт. (АН СССР. Научно-популярная серия).

В течение многих лет автор изучал снежный покров и ледники различных районов Земли от Арктики до Антарктики. Он рассказывает о природных льдах, об их физических свойствах и процессах образования. (VIII—X кл.)

Котляков В. М.
Мы живем в ледниковый период? Л., Гидрометеоиздат, 1966. 236 с. с илл.

Грозит ли нам новое нашествие ледников? — на этот и другие подобные вопросы дается ответ в этой книге. Автор рассказывает о путешествиях в далекие полярные страны, о чудесной природе ледников. (VIII—X кл.)

Муранов А. П.
Величайшие реки мира. Худ. Ю. Киселев. Л., «Детская литература», 1968. 303 с. с илл. (Школьная б-ка).

В этой книге — рассказы о Волге и Амазонке, Енисее и Миссисипи, легендарных Евфрате и Тигре и о других могучих водных артериях Земли, а также о народах, обитающих на их древних берегах. (VII кл.)

Мар Е. П.
Океан начинается с капли. Рассказы о воде. Рис. И. Кабакова. М., «Детская литература», 1966. 95 с. с илл.

Что такое «кипятковое море», над водами которого стоят, оказывается, многие города нашей страны, какая сила заключена в обыкновенном стакане воды и как вода, этот главный пожарный, стала необыкновенным горючим, которое никогда не иссякает? Познакомься с тем, как человек стал победителем воды и даже заставил ее служить себе. (V—VI кл.)

Николин Е. Н. и Владимиров О. А.
Познакомьтесь: Океан. Научно-популярный очерк. Рис. Ю. Киселева. Л., «Детская литература», 1969. 198 с.

Современное состояние и перспективы развития океанографической науки. (VII кл.)

Степанов В. Н.
Океан и будущее Земли. М., «Знание», 1967. 76 с. (Наука о Земле).

Морской промысел будет заменен морским сельским хозяйством; соленую воду можно опреснять, из нее добывают химическое сырье, а со дна морей — полезные ископаемые. На очереди использование энергии океана и его тепла для преобразования природы Земли. (IX—X кл.)

Каррингтон Р.
Биография моря. История Мирового океана, его население и его влияние на историю человечества. Пер. с англ. Л., Гидрометеоиздат, 1968. 239 с. с илл. (VII—VIII кл.)

Маркин В. А.
Там, где умирает Гольфстрим. Л., Гидрометеоиздат, 1968. 196 с. с илл.

В эпоху великого оледенения, десять—двенадцать тысяч лет назад, мощный ледниковый щит покрывал большую часть Европы, Азии и Америки. И в наше время он занимает около 15 миллионов квадратных километров суши. Главная масса льдов сосредоточена в Антарктиде. Эта ледяная мантия влияет на климат, растительный и животный мир. (VII—VIII кл.)

Иванов Ю. Н.
Карибский сувенир. М., «Детская литература», 1964. 239 с.

О работе ученых и экипажа научно-исследовательского судна «Олекма» во время экспедиции в Экваториальную Атлантику. (VII—VIII кл.)

Дерюгин К. К.
Человек покоряет глубины океана. М., «Наука», 1965. 198 с. с илл. (АН СССР. Научно-популярная серия).

В гранитном ложе морей и океанов залегают «рудники» полезных ископаемых. Эта книга о богатствах Голубого континента, о том, как человек изучает и осваивает их. (VIII—X кл.)

Андреев К. К.
Чудеса моря. Рис. Ю. Игнатьева. М., «Детский мир», 1960. 36 стр.

Почему на карте одно море названо Желтым, другое — Черным, а третье — Красным? Почему вода в море соленая? На все эти и многие другие вопросы читатель найдет ответы в этой книге. (V—VI кл.)

Воздушная оболочка

Данилова Н.
и Кеммерих А.
Времена года. М., «Мысль», 1964. 175 с. с илл. и карт.

Отчего происходит смена сезонов? Текут ли реки Сибири подо льдом при шестидесятиградусном морозе? Почему зима в Мурманске теплее, чем на Азовском море? О животном и растительном мире и о многом другом говорится в этой книге. (VII—X кл.)

Андреева Е.
и Кладо Т. Н.
Атмосфера и жизнь. Л., Гидрометеоиздат, 1963. 286 с. с илл.

Вы узнаете, как развивалась наука об атмосфере и как люди постепенно отказывались от суеверий. Вы найдете ответы на многие вопросы — о возникновении ветра, облаков, ливней, гроз, о роли, которую играет погода в жизни человека, и о том, как и в какой мере человек может влиять на атмосферные явления. (VII—VIII кл.)

Колобков Н. В.
Атмосфера и ее жизнь. М., «Просвещение», 1968. 136 с. с илл.

Об атмосфере и методах ее изучения, грозных природных явлениях (бури и ураганы, грозы, смерчи, шквалы и т. п.), научных принципах прогнозирования погоды. (VIII—X кл.)

Молэн П. А.
Охотники за тайфунами. Пер. с франц. М., «Мир», 1967. 333 с.

Французский метеоролог Пьер Андре Молэн, изучавший тайфуны и принимавший участие в полетах самолетов — «охотников за тайфунами», вводит вас в мир увлекательных и драматических исследований. (VIII—X кл.)

Гусев А. М.
Климат и погода. Можно ли влиять на климат и погоду. М., «Наука», 1966. 123 с. с илл., карт. (АН СССР. Научно-популярная серия).

Откуда и как приходит тепло на нашу планету, как оно распределяется в ее атмосфере, ее недрах и океанах? Почему возникают ветры и течения? Начинается книга с описания первых метеорологических наблюдений и заканчивается показом возможных путей преобразования климата и погоды различных областей земного шара. (VII—VIII кл.)

Погосян Х. П.,
Туркетти З. Л.
Атмосфера Земли. Пособие для учителей. М., «Просвещение», 1970. 318 с. с илл.

Радиозонды, метеорологические ракеты, искусственные спутники Земли и другие современные средства изучения земной атмосферы позволили раскрыть многие тайны атмосферных процессов и явлений и усовершенствовать методы прогноза погоды. Книга поможет учащимся старших классов разобраться в новых научных проблемах метеорологии и климатологии. (IX—X кл.)

Оболочка жизни (биосфера)

Дижур Б. А.
Почему ты оставил друга? Рис. А. Келейникова. М., «Детская литература», 1969. 125 с. с илл.

Почему погиб старый дуб, когда из леса улетела кукушка? Вредны или полезны стрекозы? Есть ли дружба и вражда между цветами? Любопытно представлена в книге жизнь природы. (VI—VIII кл.)

Дювиньо П.
и Танг М.
Биосфера и место в ней человека. Пер. с франц. П. М. Рафеса. М., «Прогресс», 1968. 256 с. с илл.

Рассматриваются проблемы экологии, дающие представление о месте и роли человека в биосфере. (IX—X кл.)

Акимушкин И. И.
Куда и как? Послесл. В. Е. Флинта. М.. «Мысль», 1965. 263 с. с илл. (Рассказы о природе).

О животных — вечных странниках: четвероногих, крылатых, морских, о том, куда эти животные бредут, ползут, летят, плывут и как они находят дорогу. (VII—VIII кл.)

Богоров В. Г.
Жизнь океана. М., «Знание», 1969. 64 с. (Биология).

Автор рассказывает о строении океана и его свойствах, определяющих условия развития жизни, а также о биологической продуктивности Мирового океана. (IX—X кл.)

Марре М.
Семеро среди пингвинов. Пер. с франц. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 227 с. с илл.

Автор — руководитель французской экспедиции на Землю Адели (1952—1953). В силу обстоятельств у семерых полярников не было самого необходимого для того, чтобы прожить и проработать год в условиях полной изоляции. И все же они собрали большой научный материал.

С большим остроумием М. Марре рассказывает о быте и работе экспедиции; яркими, меткими штрихами рисует каждого из участников этой экспедиции. (VIII—X кл.)

Ружичка Б.
и Диттлер К.
О чем рассказывают окаменелости. Пер. с чешск. (АН СССР. Научно-популярная серия). М., 1964. 71 с. с илл., 4 л. илл.

Об ископаемых растениях и животных, изучение которых помогает палеонтологам восстановить историю развития жизни на Земле. О возникновении разнообразных животных, обитавших на нашей планете миллионы лет назад, их образе жизни и среде, в которой они существовали. (VIII—X кл.)

Талызин Ф. Ф.
Секреты природы. М., «Мысль», 1969. 191 с. с илл.

Автор повествует о людях, их образе жизни, растительном и животном мире многих стран, которые он посетил. (VIII—X кл.)

Воздействие человека на природу

Авакян А. Б. и Ромашков Е. Г.
Планетная хирургия. М., «Мысль», 1965. 224 с. с илл. и карт.

Рассказывается о будущих советских гидротехниках, их делах и мечтах, которые будут воплощены в жизнь в ближайшие годы. Со страниц книги читатель узнает, что произойдет с нашими крупнейшими реками — Волгой, Обью, Енисеем, Леной, Амуром, Амударьей, об использовании энергии морских приливов, о проекте плотины в Беринговом море. (VII—X кл.)

Герасимов И. П.
Преобразование природы и развитие географической науки в СССР. М., «Знание», 1967. 96 с. (Наука о земле).

На титуле книжки написано: «Очерки конструктивной географии». Автор рассказывает о научных основах преобразования Западной Сибири, пустынь Средней Азии, охране природы озера Байкал и острова Сахалина. (IX—X кл.)

Дороже золота.
Природа — наше богатство. Сборник. Ред.-сост. Л. С. Абрамов. М., Географгиз, 1962. 240 с.

Писатели, ученые, публицисты развивают идеи Закона об охране природы России. (VII—X кл.)

Данилова Н. А.
Природа и наше здоровье. М., «Мысль», 1971. 220 стр.

Книга рассказывает о том, как окружающая природная среда воздействует на человека, помогая ему бороться с болезнями и восстанавливать свои силы; знакомит с курортами нашей страны — прославленными и малоизвестными. (VIII—X кл.)

Перельман А. И.
Атомы в природе. М., «Наука», 1965. 192 с. (АН СССР. Научно-популярная серия).

В книге дается краткая характеристика некоторых общих проблем геохимии ландшафта, изучение которых поможет химизации народного хозяйства. (VIII—X кл.)

Борисов П. М.
Может ли человек изменить климат. М., «Наука», 1970. 192 с. (АН СССР. Научно-популярная серия).

Об улучшении климатических условий и борьбе с природной стихией, от которой пока зависит сельское хозяйство, рассказывает книга. В ней описаны проекты преобразования природы и возможности их осуществления. (VIII—X кл.)

Львович М. И.
Водные ресурсы будущего. М., «Просвещение», 1969. 174 с. с илл. (Новое в науке).

Дана характеристика водных ресурсов земного шара и отдельно СССР, рассказано о путях управления отдельными звеньями грандиозного процесса на Земле. Заглядывая в будущее, автор говорит об использовании и охране водных ресурсов. (IX—X кл.)

Малин К. М.
Жизненные ресурсы человечества. (АН СССР. Научно-популярная серия). М., «Наука», 1967. 190 стр.

Автор приводит множество примеров и фактов, убедительно доказывающих, что Земля способна в будущем прокормить громадное, во много раз большее, чем сейчас живет на земном шаре, количество людей. Ключ к благополучию — в развитии науки и техники, в социальном преобразовании общества. (IX—X кл.)

Как изучали земной шар

Верн Жюль.
История великих путешествий. В 3-х т. Пер. с франц. Л., Детгиз, 1958—1961.
Т. 1. Открытие земли. 1958. 576 с.
Т. 2. Мореплаватели XVIII века. 1959. 526 с.
Т. 3. Путешественники XIX века. 1961. 496 с. (V—VIII кл.).

Шкловский В. Б.
Земли разведчик. Историческая повесть. М., «Молодая гвардия», 1969. 224 с. с илл. (Пионер — значит первый).

Герой повести — Марко Поло (1254—1323), венецианский купец, первым совершивший путешествие из Венеции в Китай. Автор рассказывает об обычаях, законах, государственном устройстве, о животном и растительном мире тех стран, в которых побывал Марко Поло. (VI—VII кл.)

Давыдов Ю. В.
Капитаны ищут путь. Изд. 2, переработ. М., Детгиз, 1966. 287 с.

Повесть о мореходах разных стран, в течение XIX — начале XX в. упорно искавших Северо-Восточный проход из Атлантического океана в Тихий и открывших Северный морской путь. (VII—X кл.)

Тагер Е.
Повесть об Афанасии Никитине. Рис. В. А. Власова. Л., «Детская литература», 1966. 104 с. с илл.

Пятьсот лет назад тверской купец Афанасий Никитин (XV в.) первым русским путешественником попал за три моря в далекую Индию. Около четырех лет пробыл он там. Он оставил записки. По ним и написана эта повесть. (VI—VIII кл.)

Пасецкий В. М.
Впереди — неизвестность пути. М., «Советская Россия», 1969. 176 с. с илл., 8 л. илл.

В истории познания Севера заметный след оставили декабристы и близкие к ним передовые люди России. Очерки посвящены открывателям и исследователям Новой Земли, Камчатки, Чукотки. Среди них В. К. Кюхельбекер, Н. А. Чижов, К. П. Торсон, Ф. Ф. Матюшкин и др. (VIII—X кл.)

Ингстад Х.
По следам Лейва Счастливого. Пер. с норв. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 270 с. с илл. и карт.

Современный норвежский писатель Хельге Ингстад проплыл путями древних скандинавов — викингов, которые, как теперь считают многие географы мира, открыли Америку на пять столетий раньше Колумба. Книга посвящена Лейву Эриксону, опередившему знаменитого мореплавателя. (VII—X кл.)

Миклухо-Маклай Н. Н.
Путешествия на Берег Маклая. М., Географгиз, 1956. 415 с. с илл. и карт.

Страницы книги раскрывают историю жизни ученого-антрополога и путешественника Николая Николаевича Миклухо-Маклая (1846—1888). О его путешествиях на Новую Гвинею, о жизни обитателей этого острова — папуасах и о тропической природе. (VI—VIII кл.)

Центкевич А. и Центкевич Г.
Кем же ты станешь, Фритьоф? Повесть о Нансене. Пер. с польск. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 280 с. с илл.

Повесть о норвежском исследователе и путешественнике (1861—1930), о его жизни и прославивших его экспедициях. (VII—VIII кл.)

Арсеньев В. К.
По Уссурийскому краю. М., Географгиз, 1960. 303 с. с илл., карт. (Путешествия. Приключения. Фантастика). (VI—X кл.)

Арсеньев В. К.
Дерсу Узала. М., Географгиз, 1960. 237 с. с илл. (Путешествия. Приключения. Фантастика).

Живые художественные рассказы о природе и о жизни, населении дальневосточной тайги, написанные по воспоминаниям о путешествиях 1902—1907 гг. В центре этих произведений — нарисованный с большой любовью образ гольда Дерсу Узала — проводника и друга автора, научившего его «читать тайгу», глубже понимать жизнь природы. (VI—X кл.)

Арсеньев В. К.
Сквозь тайгу. М., «Мысль», 1966. 141 с.

О последней (1927 г.) экспедиции путешественника и талантливого писателя в малоизученные и труднодоступные районы Дальнего Востока. (VI—X кл.)

Пржевальский Н. М.
Путешествия. Рис. К. Арцеулова и Г. Никольского. М., Детгиз, 1958. 319 с. с илл. и карт. (Школьная б-ка).

В основу книги легли путевые дневники пяти путешествий в Уссурийский край и четырех путешествий в Центральную Азию. (VI—VIII кл.)

Лиелайс А.
Каравеллы выходят в океан. Рига, «Лиесма», 1969. 286 с. (Приключения. Путешествия. Фантастика).

О путешествии Христофора Колумба, о ранних открывателях Америки — норманнах, о португальских путешественниках, проложивших морской путь в Индию вокруг Африки. (VII—VIII кл.)

Вязов Е. И.
Васко да Гама (1469—1524). Первооткрыватель морского пути в Индию. М., Географгиз, 1956. 39 с. с карт. (Замечательные географы и путешественники). (VII—VIII кл.)

Свет Я. М.
В страну Офир. М., «Мысль», 1967. 230 с. с илл.

Путешествия выдающегося деятеля эпохи Великих географических открытий, испанского мореплавателя, астронома и дипломата Педро Сармьенто де Гамбоа. (VII—X кл.)

Давыдов Ю. В.
Головнин. М., «Молодая гвардия», 1968. 208 с. с илл. (Жизнь замечательных людей).

Адмирал Головнин (1776—1831) принадлежит к плеяде русских мореходов, совершавших кругосветные плавания под парусами. Книга биографическая, документальная. (VI—VIII кл.)

Травинский В. М.
Звезда мореплавателя. Магеллан. Историческая повесть. М., «Молодая гвардия», 1969. 191 с. с илл.

Повествование ведется от имени итальянца Антонио Викорати, купца и путешественника, соратника Магеллана, о первом кругосветном путешествии (1519—1522). Автор рассказывает о подготовке кораблей к трудным испытаниям, о препятствиях, которые пришлось преодолеть отважному командиру, об открытии пролива, соединяющего Тихий и Атлантический океаны, о гибели Магеллана и об истории Великих географических открытий конца XV — начала XVI в. (VII—VIII кл.)

Митчелл М.
Эль-Кано. Первый кругосветный мореплаватель. М., «Мысль», 1968. 192 с. с илл. и карт. (Путешествия. Приключения. Фантастика).

Из пяти каравелл экспедиции Ф. Магеллана (XVI в.) только одна — с гордым именем «Виктория» вернулась в Испанию, завершив первое в истории кругосветное плавание. Капитаном этого корабля был сын суровой Страны Басков — Эль-Кано. О его жизни, подвигах и обстоятельствах смерти подробно рассказывает английская писательница Мейрин Митчелл, автор многих книг по истории морских путешествий. (VI—X кл.)

Каневский З. М.
Между двух океанов. М., Политиздат, 1969. 88 с. (Страницы истории Советской Родины).

Из истории освоения советскими людьми Северного морского пути, о челюскинской эпопее, дрейфе «Георгия Седова», зимовке папанинцев, о подвигах советских полярников. (VIII—X кл.)

Зенкович В. П.
В дальнем синем море. М., «Мысль», 1969. 264 с.

Автор в течение нескольких месяцев участвовал в морской экспедиции у берегов Кубы. О том, как проходили научные поиски, о приключениях и находках, о людях, трудившихся с ним вместе, о великолепной природе Кубы, о ее городах и интересных встречах рассказывает он в своей книге. (VIII—X кл.)

Гвоздецкий Н. А.
Советские географические исследования и открытия. М., «Мысль», 1967. 390 с. с илл. и карт.

Автор интересно и увлекательно повествует об открытиях и исследованиях советских ученых на территории нашей страны, в Антарктике, в зарубежных странах Азии, Африки, Америки и Европы, в Мировом океане. (VII—X кл.)

Пасецкий В. М.
В погоне за тайной века. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 310 с. с илл.

Когда-то некоторые ученые считали, что значительная часть Северного Ледовитого океана у полюса занята огромной сушей, и не верили в существование Северо-Западного морского пути из Тихого океана в Атлантический...

Вы узнаете о том, как русские мореплаватели и ученые пытались раскрыть географическую тайну века и как наконец им это удалось. (VII—X кл.)

Папанин И. Д.
Жизнь на льдине. Дневник. Изд. 5, доп. М., «Мысль», 1966. 332 с. (Путешествия. Приключения. Фантастика).

В течение восьми месяцев ежедневно вел свои волнующие записи «комендант Северного полюса» Иван Дмитриевич Папанин. (VI—VII кл.)

Банников А. Г.
По заповедникам Советского Союза. М., «Мысль», 1966. 224 с. с илл., карт.

Автор — по специальности зоолог. С большой любовью к родной природе описывает автор заповедные места, их естественную растительность и богатый животный мир, говорит о научном значении заповедников. (VII—X кл.)

Водопьянов М. В. и Григорьев Г. К.
Повесть о ледовом комиссаре. М., Географгиз, 1959. 199 с. с илл., карт.

Ледовой комиссар — это прославленный исследователь Арктики, Герой Советского Союза, академик Отто Юльевич Шмидт. Эта книга о его научных подвигах, его смелых экспедициях на ледоколе «Седов» и «Сибиряков», всемирно известном дрейфе «Челюскина», отваге и мужестве советских летчиков, спасших челюскинцев от гибели. (V—VIII кл.)

Трешников А. Ф.
У полюсов Земли. (Дневники полярных экспедиций). М., «Советская Россия», 1966. 192 с. с илл.
Автор более 25 лет посвятил исследованию полярных стран. В своих дневниках рассказывает он о героическом труде советских полярников, об их зимовках на дрейфующих льдах Арктики и на Антарктическом материке, о мастерстве летчиков, обслуживающих высокоширотные экспедиции. (VII—VIII кл.)

Смуул Юхан.
Ледовая книга. Антарктический дневник. Пер. с эстон. М., «Молодая гвардия», 1968. 320 с. с илл. (Тебе в дорогу, романтик).
О третьей советской антарктической экспедиции, в которой участвовал сам автор. (VI—VIII кл.)

Моуэт Ф.
Испытание льдом. Пер. с англ. М., «Прогресс», 1966. 319 с. с илл.
Это рассказ об освоении североамериканской части Арктики. В книгу вошли дневники, путевые заметки, судовые журналы начальников арктических экспедиций и команд кораблей, в которых описаны драматические эпизоды, изображающие битву людей, осваивавших Арктику, со стихией. (IX—X кл.)

Хейердал Тур.
Путешествие на «Кон-Тики». Пер. с норв. М., Детгиз, 1957. 368 с. с илл., карт. (Школьная б-ка).

Хейердал Тур.
Аку-Аку. (Тайна острова Пасхи). Пер. с норв. М., Детгиз, 1959. 294 с. с илл., карт. (Школьная б-ка).

Хейердал Тур.
Приключения одной теории. Пер. с норв. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 307 с. с илл., 7 л. илл.
Автор в 1947 г. предпринял исследовательское путешествие на плоту «Кон-Тики», чтобы доказать, что заселение островов Тихого океана шло не только из Азии, но и со стороны Америки. Автор рассказывает о своих приключениях и о знаменитых мореплавателях прошлого, покорителях Атлантики и Тихого океана. (VI—VIII кл.)

Якоби Арнольд.
Сеньор Кон-Тики. Пер. с норв. «Мысль», 1970. 247 с. с илл. (Путешествия. Приключения. Фантастика).
Книга о знаменитом путешественнике и ученом Туре Хейердале и его экспедициях, ставших выдающимся географическим событием XX в. (X кл.)

Пасецкий В. М.
Очарованный надеждой. Л., Гидрометеоиздат, 1970. 263 с. с илл.
О полярных исследователях, людях разной судьбы. Книга открывается очерком, посвященным замечательному мореплавателю России И. Ф. Крузенштерну (1770—1846), который возглавлял первую русскую кругосветную экспедицию. (VII—X кл.)

Пасецкий В. М.
В погоне за тайной века. М., Гидрометеоиздат, 1968. 310 стр.
Проникнутое романтикой подвига и в то же время строго документальное повествование об истории исследования Северного Ледовитого океана, о поисках северо-западного пути из Тихого океана в Атлантический. (VII—X кл.)

Песков В. М.
Белые сны. М., «Молодая гвардия», 1965. 330 с. с илл., карт.
Корреспондент «Комсомольской правды» посвятил свою книгу зимовщикам — исследователям Ледяного континента. (VI—VII кл.)

Изучайте родной край

Соколова Е. Н.
Домик погоды. О влажности воздуха и ее определении. М., «Просвещение», 1965. 51 с. с илл., карт.
Здесь даны самые необходимые сведения для школьников, стремящихся изучить тайны земной атмосферы. (VI—VII кл.)

Барабанов В. Ф.
Клуб юных геологов. Рис. В. Бескаравайного. Л., «Детская литература», 1964. 135 с. с илл. (Б-чка пионера «Знай и умей». Школьная б-ка).
Рассказы о работе клуба юных геологов при Ленинградском Дворце пионеров. (VI—VII кл.)

Справочники, словари, книги общего характера

Агапов С. В. и др.
Географический словарь. Изд. 2, доп. и переработ. М., «Просвещение», 1968. 254 с. с илл. (Б-ка школьника).

Нагорный Б. А.
Занимательные географические вопросы. М., «Просвещение», 1968. 136 с. с илл.

Шур Я. И.
Когда? Рассказы о календаре. Изд. 2, доп. М., «Детская литература», 1968. 288 с. с илл.
Календарем мы пользуемся каждый день, он наш верный помощник. Как и другие привычные вещи, календарь кажется нам очень простым. На самом же деле над созданием его трудились многие люди в течение тысячелетий.

Большой дом человечества.
М., «Детская литература», 1966. 423 с. с илл.
Книга энциклопедия. Небольшие заметки с интересными иллюстрациями рассказывают о Вселенной, о жизни Земли, о материках и океанах нашей планеты, о живой и неживой природе.

Хочу все знать.
Альманах. Худ. Б. Крейцер. Л., «Детская литература», 1968. 368 с.
Разделы: Вне земли.— Земля. — В лабораториях ученых.— В мире прекрасного.— Про всякое.

Глобус.
Географический ежегодник для детей. Л., «Детская литература», 1970. 464 с. с илл.
Разделы: Страна, где ты живешь. — Рассказы о природе.— По всему свету.— Путешествия и исследования.

300 путешественников.
Биографический словарь. М., «Мысль», 1966. 274 с. с илл.
Словарь содержит более трехсот (324) кратких биографий выдающихся путешественников и мореплавателей всех народов. Упомянуты главные открытия и основные научные заслуги отдельных путешественников. (VIII—X кл.)

Указатель имен

А

Авиценна
см. Ибн-Сина.

Агасица
(1807—1873) — швейцарский естествоиспытатель, палеонтолог, один из первых обосновавший существование ледниковой эпохи в истории Земли
369

Агрикола
см. Бауэр, Георг.

Амундсен, Руал
(1872—1928) — норвежский исследователь Арктики и Антарктики, первым достиг Южного полюса
385, 387, 388

Анаксимандр Милетский
(ок. 610—546 до н. э.) — древнегреческий философ-материалист, приверженец геоцентрической теории (см.)
20

Анучин, Дмитрий Николаевич
(1843—1923) — русский географ, антрополог и этнограф, основатель страноведения
12

Аристарх Самосский
(конец IV в.— первая половина III в. до н. э.) — древнегреческий астроном, сторонник гелиоцентрической системы мира
21

Аристотель
(384—322 до н. э.) — древнегреческий ученый-энциклопедист, сторонник геоцентрической теории строения Вселенной
21, 181, 395

Арсеньев, Владимир Клавдиевич
(1872—1930) — советский исследователь Дальнего Востока, этнограф и писатель
357, 358

Архангельский, Андрей Дмитриевич
(1879—1940) — советский геолог, автор многих работ по геологическому строению СССР
13, 401

Б

Бальбоа, Васко Нуньес
(1475—1517) — испанский мореплаватель-конкистадор, открывший для европейцев Тихий океан
332

Баранский, Николай Николаевич
(1881—1963) — один из основоположников советской экономической географии
13

Баренц, Виллем
(1550 — 1597) — голландский мореплаватель, исследователь Арктики
336, 370, 371

Бауэр, Георг (Агрикола)
(1494 — 1555) — немецкий ученый в области минералогии и горного дела
396

Беллинсгаузен, Фаддей Фаддеевич
(1778—1852) — русский мореплаватель, возглавлял кругосветную экспедицию, открывшую Антарктиду
346, 365, 385

Белоусов, Владимир Владимирович
(р. 1907) — советский геолог и геофизик, разрабатывающий современное учение о развитии и строении Земли
353

Берг, Лев Семенович
(1876—1950) — советский географ и биолог, один из основателей ландшафтоведения, первым описавший природные зоны СССР
13, 223, 245

Беринг, Витус
(1681—1741) — датский морской офицер на русской службе, исследователь Арктики
311, 340, 342

Бируни, Абу Рейхан
(973—1048) — хорезмский ученый, занимавшийся также астрономией и географией
396

Борзов, Александр Александрович
(1874—1939) — советский географ и геоморфолог, исследователь рельефа Русской равнины
13

Борхгревинк, Карстен
(1864—1934) — норвежский натуралист и путешественник, первым вступил на Антарктический континент
385

Бэрд, Ричард
(1888—1957) — американский летчик и путешественник, впервые перелетевший через Северный и Южный полюсы, исследователь Антарктиды
386

Бюффон, Жорж
(1707—1788) — французский естествоиспытатель, разрабатывавший теорию геологического развития Земли
397, 398

В

Вавилов, Николай Иванович
(1887—1943) — советский геоботаник, растениевод
353

Вегенер, Альфред
(1880—1930) — немецкий геофизик, разработавший гипотезу дрейфа материков
104, 401

Вернадский, Владимир Иванович
(1863—1945) — советский естествоиспытатель, минералог, основоположник геохимии и биогеохимии, создатель учения о биосфере, организатор большого числа научных учреждений
39, 41, 82, 85, 170, 222, 223, 401

Веспуччи, Америго
(1451—1512) — итальянский мореплаватель, чьи описания и карты Южной Америки дали

основание считать, что открыта новая часть света, названная его именем — Америкой
332

Визе, Владимир Юльевич
(1886—1954) — советский океанолог и метеоролог, исследователь Арктики
14

Вильямс, Василий Робертович
(1863—1939) — советский почвовед, разработавший учение о едином почвообразовательном процессе
251

Виноградов, Александр Павлович
(р. 1895) — советский геохимик и биогеохимик, изучающий закономерности происхождения и распределения минералов на Земле
13

Винчи, Леонардо да
(1452—1519) — итальянский ученый энциклопедист и художник
181, 396

Витрувий
(вторая половина I в. до н. э.) — древнеримский ученый-энциклопедист
181

Воейков, Александр Иванович
(1842—1916) — русский климатолог и географ, один из основателей климатологии и метеорологии
12

Г

Гама, Васко да
(1469—1524) — португальский мореплаватель, предпринял экспедицию вдоль побережья Африки. Обогнув мыс Доброй Надежды, он пересек Индийский океан и открыл морской путь в Индию
328, 330, 337

Гедройц, Константин Каэтанович
(1872—1932) — советский почвовед-агрохимик
250

Гераклит Эфесский
(ок. 530—470 до н. э.) — древнегреческий философ-материалист
395

Герасимов, Иннокентий Петрович
(р. 1905) — советский географ, геоморфолог и почвовед, разрабатывающий вопросы развития рельефа, генезиса почв и преобразования природы
18

Геродот
(ок. 484—425 до н.э.) — древнегреческий историк и путешественник
322, 323

Гиппарх
(II в. до н. э.) — древнегреческий ученый, один из основоположников астрономии
30

Глинка, Константин Дмитриевич
(1867—1927) — советский почвовед, разрабатывавший вопросы происхождения и классификации почв
13

Голицын, Борис Борисович
(1862—1916) — русский физик-сейсмолог и метеоролог, исследователь внутреннего строения Земли
47, 49, 131

Григорьев, Андрей Александрович
(1883—1968) — советский географ, создатель учения о географической оболочке
13, 41, 223, 245

Грум-Гржимайло, Григорий Ефимович
(1860—1936) — русский зоолог и путешественник, исследователь Средней Азии
356

Губкин, Иван Михайлович
(1871—1939) — советский геолог, создатель учения о геологии нефти
13, 85, 87, 401

Гудзон, Генри
(ок. 1550—1611) — английский мореплаватель, искавший Северо-Восточный и Северо-Западный арктические проходы
335

Гумбольдт, Александр
(1769—1859) — немецкий естествоиспытатель-энциклопедист, географ и путешественник
12, 245, 361

Гутенберг, Бено
(1889—1960) — немецкий геофизик, исследователь внутреннего строения Земли
47, 49

Д

Дарвин, Чарлз
(1809—1882) — английский естествоиспытатель, создатель учения о естественном отборе
12, 225, 362, 367, 400

Дежнёв, Семен Иванович
(ок. 1605—1673) — русский мореплаватель, открывший северо-восточную оконечность Азии
337, 340, 371

Диаш, Бартоломеу
(ок. 1450—1500) — португальский мореплаватель, впервые обогнувший южную оконечность Африки
329, 330

Докучаев, Василий Васильевич
(1846—1903) — основоположник русского генетического почвоведения и учения о географической зональности
223, 245, 250

Дэвис, Уильям
(1850—1934) — американский геолог и геоморфолог, разрабатывавший учение о развитии рельефа
114

Дюмон-Дюрвиль, Жюль
(1790—1842) — французский мореплаватель, исследователь Океании и Антарктики. Во время плаваний он производил океанографические исследования
366

З

Заварицкий, Александр Николаевич
(1884—1952) — советский геолог, вулканолог и минералог
13

Зенкевич, Лев Александрович
(1889—1970) — советский биолог и океанолог, один из основоположников современной океанологии
14

Зубов, Николай Николаевич
(1885—1960) — советский океанолог, один из основоположников современной океанологии
14, 379, 380

Зюсс, Эдуард
(1831—1914) — австрийский геолог, разработавший контракционную теорию (см.) развития Земли
401

И

Ибн-Сина, Абу Али (Авиценна)
(ок. 980—1037) — крупнейший ученый средневековья, выдающийся таджикский философ, естествоиспытатель, врач, математик, поэт, оригинальный мыслитель. Ибн-Синой написана краткая философская энциклопедия «Книга знания»
396

К

Кабот, Джон
(ок. 1450—1498) — итальянский мореплаватель на английской службе, исследователь Арктики
335

Карпинский, Александр Петрович
(1847—1936) — советский геолог и палеонтолог, исследователь геологического строения Европейской России
12, 85, 400, 401

Книпович, Николай Михайлович (1862—1939) — советский биолог и океанолог **378**

Ковалевский, Владимир Онуфриевич (1842—1883) — русский биолог и палеонтолог **400**

Ковалевский, Егор Петрович (1811—1868) — русский путешественник, исследователь Африки и Азии **352**

Козлов, Петр Кузьмич (1863—1935) — советский исследователь Центральной Азии **356**

Колумб, Христофор (1451—1506) — генуэзский мореплаватель на испанской службе, первооткрыватель Америки **328, 330, 331, 332, 333, 337**

Коперник, Николай (1473—1543) — польский астроном, разработавший гелиоцентрическую теорию (см.) **339**

Коцебу, Отто Евстафьевич (1787—1846) — русский мореплаватель **365, 366**

Красовский, Феодосий Николаевич (1878—1948) — советский ученый-геодезист, определивший размеры земного эллипсоида **23**

Крашенинников, Степан Петрович (1711—1755) — русский путешественник, исследователь Камчатки. Автор книги «Описание Земли Камчатки» **343**

Кренкель, Эрнест Теодорович (1903—1971) — советский полярник-радист **376, 379**

Кропоткин, Петр Алексеевич (1842—1921) — русский географ и путешественник, исследователь Сибири **12, 353, 354**

Крузенштерн, Иван Федорович (1770—1846) — русский мореплаватель, возглавлял первую русскую кругосветную экспедицию **364, 365**

Кук, Джемс (1728—1779) — английский мореплаватель, открывший Австралию **338, 340, 345, 346, 365**

Кювье, Жорж (1769—1832) — французский естествоиспытатель, палеонтолог, создавший теорию катаклизмов в развитии Земли **398, 399**

Л

Лазарев, Михаил Петрович (1788—1851) — русский мореплаватель, участник кругосветной экспедиции, открывшей Антарктиду **346, 365, 385**

Лайель, Чарлз (1797—1875) — английский естествоиспытатель и геолог, создавший теорию эволюционного развития Земли **12, 398, 399**

Ламарк, Жан (1744—1829) — французский естествоиспытатель, создавший теорию эволюционного развития органического мира **225**

Лаперуз, Жан Франсуа (1741—1788) — французский мореплаватель **345, 346, 347**

Лепёхин, Иван Иванович (1740—1802) — русский естествоиспытатель и путешественник **245, 348**

Ливингстон, Давид (1813—1873) — английский путешественник, исследователь Африки **350, 351, 352**

Линней, Карл (1707 — 1778) — шведский естествоиспытатель, создавший первую научную классификацию растений и животных **12**

Лисянский, Юрий Федорович (1773—1837) — русский мореплаватель, спутник И. Ф. Крузенштерна **364, 365**

Литке, Федор Петрович (1797—1882) — русский мореплаватель, исследователь Арктики и Океании **12, 367**

Ломоносов, Михаил Васильевич (1711—1765) — русский ученый - энциклопедист, много сделавший для развития научной геологии и географии **12, 245, 344, 397, 398**

М

Магеллан, Фернандо (ок. 1480—1521) — португальский мореплаватель, экспедиция которого совершила первое кругосветное плавание **328, 333, 334, 335, 338**

Макаров, Степан Осипович (1848—1904) — русский флотоводец, океанограф и полярный исследователь **369, 372, 378**

Миддендорф, Александр Федорович (1815—1894) — русский зоолог и путешественник **353**

Моусон, Дуглас (1882—1958) — австралийский исследователь Антарктиды **385, 386**

Мохоровичич, Андрей (1857—1936) — югославский геофизик и сейсмолог, исследователь внутреннего строения Земли **40, 44**

Мушкетов, Иван Васильевич (1850—1902) — русский геолог и географ, исследователь Урала и Средней Азии **12**

Н

Наливкин, Дмитрий Васильевич (р. 1889) — советский геолог, исследователь Урала, Средней Азии и Русской платформы **146**

Нансен, Фритьоф (1861—1930) — норвежский океанограф и полярный исследователь **360, 371**

Невельской, Геннадий Иванович (1813—1876) — русский мореплаватель, исследователь Дальнего Востока **367**

Никитин, Афанасий (ум. 1472) — русский купец, путешественник по Индии **328**

Нобиле, Умберто (р. 1885) — итальянский конструктор дирижаблей и полярный исследователь **373**

Норденшельд, Адольф Эрик (1832—1901) — шведский полярный исследователь. Именем Норденшельда названы: архипелаг Карского моря, залив и мыс Новой Земли, мыс и ледник в Гренландии, река в сев.-зап. части Канады **372**

О

Обручев, Владимир Афанасьевич (1863—1956) — советский геолог и географ, исследователь Сибири, Центральной и Средней Азии, автор научно-фантастических романов **85, 355, 401**

Обручев, Сергей Владимирович (1891—1965) — советский геолог и географ **357**

П

Павлов, Алексей Петрович
(1854—1929) — советский геолог, один из основоположников палеогеографии
12

Паллас, Петр Симон
(1741—1811) — русский естествоиспытатель и путешественник, исследователь Поволжья, Урала и Сибири
348

Папанин, Иван Дмитриевич
(р. 1894) — советский исследователь Арктики
374, 376, 379

Пири, Роберт
(1856—1920) — американский полярный путешественник, первым достиг Северного полюса
360, 371

Пифей
(IV в. до н. э.) — древнегреческий астроном и путешественник. Он оставил описания своих путешествий, но они дошли до нас не полностью
323, 324

Поло, Марко
(1254—1323) — итальянский путешественник, первым из европейцев побывавший в Китае и описавший эту страну
326, 327, 328

Потанин, Григорий Николаевич
(1835—1920) — русский путешественник, этнограф и географ
355

Пржевальский, Николай Михайлович
(1839—1888) — русский путешественник и географ, исследователь Центральной и Средней Азии
354

Прянишников, Дмитрий Николаевич
(1865—1948) — советский агрохимик
251

Птолемей, Клавдий
(II в.) — древнегреческий астроном, географ и картограф
31

Р

Расмуссен, Кнуд
(1879—1933) — датский исследователь Гренландии
360

Реклю, Элизе
(1830—1905) — французский географ и путешественник, автор книг серии «Земля и люди»
362

Росс, Джеймс
(1800—1862) — английский исследователь Антарктиды
385

С

Самойлович, Рудольф Лазаревич
(1881—1940) — советский исследователь Арктики
373

Свердруп, Отто
(1854—1930) — норвежский полярный исследователь
360

Свердруп, Харальд Ульрик
(1888—1957) — норвежский океанолог и метеоролог, полярный исследователь
379

Северцов, Николай Алексеевич
(1827—1885) — русский зоолог, географ и путешественник, исследователь Средней Азии
354

Седов, Георгий Яковлевич
(1877—1914) — русский исследователь Арктики, организатор первой русской экспедиции к Северному полюсу
372

Семенов Тян-Шанский, Петр Петрович
(1827—1914) — русский географ, ботаник и путешественник
12, 354

Скотт, Роберт
(1868—1912) — английский мореплаватель, исследователь Антарктиды
385, 386, 387, 388

Смирнов, Сергей Сергеевич
(1895—1947) — советский геолог, создавший теорию происхождения и размещения рудных ископаемых
13

Снеллиус, Виллеборд
(1580—1626) — голландский астроном и математик
21, 34

Сомов, Михаил Михайлович
(р. 1908) — советский океанолог и полярный исследователь
377, 386

Степанов, Павел Иванович
(1880—1947) — советский геолог, создавший теорию о закономерностях размещения угольных месторождений
87, 401

Страхов, Николай Михайлович
(р. 1900) — советский геолог, создатель учения об образовании осадочных пород
87

Струве, Василий Яковлевич
(1793—1864) — русский астроном и геодезист, один из основателей Пулковской обсерватории
23

Стэнли, Генри Мортон
(1841—1904) — английский путешественник, исследователь Африки
350, 352

Сумгин, Михаил Иванович
(1873—1942) — советский почвовед и географ, основоположник мерзлотоведения
13

Т

Танфильев, Гавриил Иванович
(1857—1928) — советский ботаник, почвовед и географ
12

Тасман, Абель
(1603—1659) — голландский мореплаватель, исследователь Океании
338, 346

Толстиков, Евгений Иванович
(р. 1913) — советский исследователь Арктики и Антарктиды
377

Торричелли, Эванджелиста
(1608—1647) — итальянский физик и математик
188

Тосканелли, Паоло
(1397—1482) — итальянский космограф и астроном
331

Трешников, Алексей Федорович
(р. 1914) — советский географ, исследователь Арктики и Антарктиды
377

Ф

Фалес
(ок. 624—547 до н. э.) — древнегреческий ученый-энциклопедист
20

Федоров, Евгений Константинович
(р. 1910) — советский геофизик, метеоролог и полярный исследователь
376

Ферсман, Александр Евгеньевич
(1883 — 1945) — советский минералог и геохимик
85, 357, 401

Френкель, Яков Ильич
(1894—1952) — советский геофизик, исследователь земного магнетизма и физики атмосферы
54

Ч

Челюскин, Семен Иванович — русский мореплаватель XVIII в.
342

Черский, Иван Дементьевич
(1845—1892) — русский геолог и палеонтолог, исследователь Восточной Сибири
12

Чжан Хэн
(78—139) — китайский астроном
396

Чихачёв, Петр Александрович
(1808—1890) — русский географ и путешественник, исследователь Азии
353

Ш

Шатский, Николай Сергеевич
(1895—1960) — советский геолог, исследователь тектоники земной коры
401

Шеклтон, Эрнест
(1874—1922) — английский мореплаватель, исследователь Антарктики
385, 387

Шелихов, Григорий Иванович
(1747—1795) — русский купец, предприниматель, организатор русских поселений на Аляске
344

Ширшов, Петр Петрович
(1905—1953) — советский океанограф и гидробиолог
376, 379

Шмидт, Отто Юльевич
(1891—1956) — советский математик, астроном, геофизик и полярный исследователь
39, 374, 375

Шокальский, Юлий Михайлович
(1856—1940) — советский океанограф и географ
12, 377

Шулейкин, Василий Владимирович
(р. 1895) — советский геофизик-океанолог
380

Щ

Щербаков, Дмитрий Иванович
(1893—1966) — советский геолог, минералог и геохимик
13

Э

Эдельштейн, Яков Самойлович
(1869—1952) — советский геолог и геоморфолог
13

Эль-Кано
(ок. 1487—1526) — испанский мореплаватель, участник кругосветной экспедиции Ф. Магеллана
334

Эратосфен
(ок. 276—194 до н. э.) — древнегреческий математик и астроном
21, 22, 30

Предметный указатель

А

Абсолютный геологический возраст
— истинный возраст горных пород, измеряемый действительным числом лет, прошедших со времени их образования; определяется временем распада радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах
72, 73, 75

Альбедо
— величина отражательной способности земной поверхности (почвы, растительности, воды, облаков) по отношению к солнечной радиации
246

Антиклиналь, антиклинальная складка
— выпуклая складка слоев горных пород
69

Антиклинорий
— комплекс складок слоев земной коры, поднявшихся над поверхностью более древних слоев
69

Атмосферный фронт
— узкая переходная зона между теплыми и холодными воздушными массами
198, 200

Б

Базальтовая оболочка, базальтовый слой
— нижняя часть земной коры, лежащая под поверхностью Мохоровичича, после которой начинается мантия Земли (см.)
39, 40, 45, 46, 66, 76, 123

Базис эрозии
— уровень бассейна, в который впадает водный поток
162

Балансовый метод
— количественная оценка соотношения тепла и влаги в определенной зоне, поступления и расхода воды и т. п.
185

Барическая ступень
(барометрическая) ступень — расстояние по вертикали, на котором атмосферное давление уменьшается или возрастает на единицу
202

Бентос
— совокупность организмов, обитающих на дне морских и материковых водоемов
270, 274, 275

Биогенные осадки
— отложения на дне океанов, морей и озер, образовавшиеся из остатков живых организмов
125, 151

Биогеография
— наука о растительном и животном мире земного шара, закономерностях его размещения и сочетания различных видов. Б. подразделяется на географию растений и географию животных
223

Биогеохимия
— наука, изучающая геохимические процессы (см.), происходящие в биосфере (см.) при участии организмов
223

Биогеоценоз
— совокупность растительности, животных и микроорганизмов, связанных между собой единым процессом жизнедеятельности и однородными условиями среды обитания
258

Биогеоценология
— наука о биогеоценозах, т. е. о закономерностях жизнедеятельности определенной группы растений и животных
258

Биосфера
— сфера жизни Земли, населенная живыми организмами, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхние слои литосферы
41, 153, 222, 223, 250

Биоценоз
— совокупность растений и животных, населяющих сравнительно однородный по условиям жизни участок биосферы
258

В

Водный баланс
— соотношение прихода, расхода и накопления воды в пределах страны, какого-либо участка территории, речного бассейна, озера, водохранилища за определенный период времени
181

Воздушная оболочка
— атмосфера
187

Возраст Земли
— см. Абсолютный геологический возраст и Относительный геологический возраст
72, 75

Г

Гелиоцентрическая теория
— учение, доказывающее, что Земля, как и другие планеты, обращается вокруг Солнца и, кроме того, вращается вокруг своей оси
21

Геоботаника
— наука о растительном покрове Земли, структуре составляющих его растительных сообществ — фитоценозах и их географическом распространении
13, 223, 364

Географическая зона
(природная, ландшафтная) зона — составная часть географического пояса (см.), характеризующаяся определенными природными условиями и набором типичных ландшафтов
245, 246, 249

Географическая зональность
— закономерная смена различных типов ландшафтов от экватора к полюсам
245, 246, 248, 249, 251

Географическая оболочка
— оболочка Земли, в пределах которой соприкасаются и взаимодействуют атмосфера, гидросфера, верхние слои литосферы и вся биосфера
41

Географическая среда
— окружающая человечество природа, в которой протекает его жизнь и деятельность
17, 41

Географический ландшафт
— в широком понимании природный территориальный комплекс, характеризующийся взаимосвязью компонентов — рельефа, климата, почв, растительности и т. д. (таежный ландшафт, степной ландшафт и т. п.); в узком понимании — небольшой участок земной поверхности, ограниченный естественными рубежами (ландшафт полесья, ландшафт ополья, пески пустынной зоны и т. д.)
245

Географический пояс
— самая крупная единица широтно-зонального деления земной поверхности, характеризующаяся общностью теплового режима, обусловленного величиной солнечной радиации
245, 246, 248, 251

География
— система тесно связанных между собой естественных и общественных наук, делящаяся на физическую географию (см.) и экономическую географию (см.), которые делятся на ветви: геоморфологию, гидрологию, географию промышленности и т. д.
10, 13, 364

География почв
— наука на границе физической географии и почвоведения, изучающая происхождение и закономерности размещения почв на поверхности Земли
364

Геодезия
— наука, занимающаяся определением фигуры и размеров Земли и измерениями земной поверхности, необходимыми для ее изображения на картах и планах
22, 23, 24

Геологическая структура
— характер распределения и залегания горных пород в недрах Земли
104

Геология
— наука о составе и строении Земли, истории ее развития и распределении полезных ископаемых
55, 56, 364, 394

Геоморфология
— ветвь физической географии, изучающая рельеф (строение) земной поверхности, его происхождение и динамику развития
47, 107, 114, 364

Геосинклиналь
— область опусканий земной коры и накопления в ней мощных осадков
46, 67, 69, 78, 79, 80, 81, 88, 401

Геосферы
— внешние (атмосфера, гидросфера, литосфера) и внутренние (мантия, ядро) оболочки Земли
44, 49, 50, 75

Геотектоника
— раздел геологии, изучающий структуру и развитие земной коры
70, 78

Геофизика
— система наук о Земле, изучающих физические свойства Земли и ее оболочек и протекающие в них процессы. В геофизике Земля рассматривается как сложное, изменяющееся физическое тело, составные части которого находятся во взаимодействии
14, 42, 96

Геохимия
— наука о химическом составе и закономерностях распространения и перемещения химических элементов на Земле и в ее недрах
95, 151, 153

Геоцентрическая теория
— представление древних и средневековых ученых, согласно которому центром Вселенной является Земля, а вокруг нее обращаются Солнце, Луна и все планеты
21

Гидрология
— наука о природных водах Земли, их распространении по земной поверхности и в глубине; эта наука подразделяется на океанологию, океанографию, гидрологию суши и гидрогеологию
364

Гидросфера
— водная оболочка на поверхности Земли, охватывающая океаны, моря, реки, озера и болота
41

Гидротермальные жилы
— минеральные вещества, образованные из горячих магматических растворов, проникших в трещины земной коры
86

Гипсометрия
— способ изображения на картах рельефа земной поверхности при помощи горизонталей
36

Гляциология
— наука о происхождении, физических свойствах и географическом размещении ледников
13

Гравиметрия
— ветвь геофизики, изучающая явление силы тяжести на Земле. Гравиметрические измерения и астрономические наблюдения, включая наблюдения искусственных спутников, позволяют также вычислить общую массу Земли, момент ее инерции и форму
42, 43, 97

Д

Дешифрирование аэрофотоснимков
— обнаружение и распознавание на них отснятых объектов земной поверхности, которые потом наносятся условными знаками на карту
35

З

Закон Бэра
— проявление силы Кориолиса (см.), выражающееся в отклонении течения крупных рек Северного полушария в правую сторону, а Южного полушария — в левую; установлено русским академиком К. М. Бэром
163, 164

Зоогеография
— наука о составе и распространении на Земле животных и зооценозов (см.)
13, 364

Зооценоз
— совокупность всех животных, населяющих определенный участок среды обитания, характеризующийся однородными условиями существования
280, 281, 282

И

Изостазия
— стремление земной коры к гидростатическому равновесию по отношению к слою пониженной твердости, на котором земная кора как бы плавает
46

Интрузивные горные породы, интрузии
— кристаллические породы, образовавшиеся при медленном застывании магмы в глубинах земной коры
62

Ионосфера
— слой атмосферы, характеризующийся высоким содержанием ионов и свободных электронов
55, 191, 192

К

Кары
— циркообразные выемки в верхней части склонов гор, образованные ледниками
175

Кимберлиты
— глубинные изверженные породы, содержащие алмазы
92

Климатология
— наука о климате, причинах и особенностях формирования и распределения различных климатических условий на Земле
13, 364

Конструктивная география
— направление в географической науке, разрабатывающее вопросы рационального преобразования природы, территориального размещения производства и расселения людей
13

Кориолиса сила
— дополнительная сила инерции, с которой тело, движущееся относительно другого тела, обладающего вращательным движением, действует на последнее. Под воздействием этой силы реки в Северном полушарии подмывают правый берег, а в Южном — левый (вращающееся тело — Земля, движущееся тело относительно Земли — вода реки); см. Закон Бэра. Сила Кориолиса учитывается при многих технических расчетах (полет ракет и др.). Названа по имени французского механика Г. Кориолиса
192

Космогонические гипотезы
— гипотезы, в которых высказываются различные предположения о возникновении и развитии Солнечной системы, звезд и планет, в том числе Земли
39, 75

Л

Ландшафтоведение
— ветвь общей физической географии, изучающая ландшафты
13

М

Магнитометрия
— отрасль геофизики (см.), изучающая магнитное поле Земли и его аномалии
42, 43

Мантия Земли
— глубинная оболочка, заключенная между земной корой и ядром Земли; подразделяется на верхнюю мантию и нижнюю мантию
40, 41, 44, 46, 47, 49, 75, 76, 78, 81, 104, 121, 130, 137, 150

Мелиорация
— система мероприятий по обводнению или осушению земель, улучшению почв, борьбе с их эрозией, укреплению сыпучих песков и т. п.
254

Мерзлотоведение
(геокриология) — наука о вечномерзлых почвах и грунтах и условиях ведения хозяйства в районах многолетней мерзлоты
13

Металлогенические эпохи
— эпохи, соответствующие геологическим циклам в истории Земли, в ходе которых возникали определенные группы месторождений металлов (черных, цветных, редких и т. д.)
87

Метеорология
— наука о земной атмосфере, ее строении, свойствах и происходящих в ней процессах
11, 12, 14, 187, 194

Модуль стока
— количество воды, стекающее в единицу времени с определенной площади водосбора и измеряемое в л/с км^2 или м^3/с км^2
160

Н

Нектон
— водные животные (рыбы, киты, дельфины и др.), способные к быстрому передвижению на большие расстояния в океанах и морях
273

О

Общее землеведение
— наука об общих географических свойствах Земли и ее географической оболочки (см.)
392

Ойкумена
— населенная и освоенная человеком территория Земли
20

Океанография
— наука о гидрологическом режиме Мирового океана и его подразделений, а также физико-химических особенностях морских и океанических вод
12

Океанология
— наука о Мировом океане, его структуре, физических, химических, биологических и геологических процессах, в нем происходящих
14, 364

Орография
— раздел геоморфологии, изучающий расположение и размеры горных хребтов, возвышенностей и других форм рельефа
12

Относительный геологический возраст
— возраст Земли и горных пород, определяемый по палеонтологическим остаткам и по взаимному расположению пород
72

П

Палеогеография
— наука, изучающая физико - географические условия и ландшафты прошлых геологических эпох
67, 68

Палеонтология
— наука об ископаемых (вымерших) организмах, т. е. об организмах, существовавших в прошедшие (геологические) времена, и развитии органического мира Земли в течение ее геологического прошлого
72

Почвоведение
— наука о почвах, их образовании и развитии, структуре, свойствах, географическом распространении и рациональном использовании
13, 250

С

Северо-Восточный проход
— морской путь из Атлантического океана в Тихий вдоль северных берегов Евразии (ныне — Северный морской путь), которым пытались пройти мореплаватели разных стран начиная с XVI в. Впервые пройден на всем протяжении в 1878 — 1879 гг. шведской экспедицией Э. Норденшельда, организованной на средства русского промышленника А. Сибирякова
336, 337

Северо-Западный проход
— морской путь из Ат-

лантического океана в Тихий через Канадский арктический архипелаг. Впервые пройден с востока на запад экспедицией Р. Амундсена в 1903—1906 гг.
360

Синклиналь
— вогнутая складка слоев горных пород
46, 78

Синклинорий
— комплекс складок земной коры, образовавший прогиб
69, 77

Синоптическая метеорология
— раздел метеорологии, изучающий атмосферные процессы в связи с их влиянием на изменение погоды
203

Ф

Фация (геологическая), фация отложений
— горная порода, возникшая в определенное время в своеобразных однородных условиях отложения осадочных пород
68

Физическая география
— группа естественных географических наук, изучающих географическую оболочку Земли; состоит из общих наук — землеведения и ландшафтоведения — и отраслевых — геоморфологии, климатологии, гидрологии суши, географии почв, биогеографии, гляциологии и др.
12

Э

Экономическая география
— наука о географическом размещении производства; подразделяется на географию промышленности, географию сельского хозяйства, географию транспорта, географию населения и другие отрасли
13

Условные обозначения

в., вв.	век, века
в. д.	восточной долготы
влк.	вулкан
вдп.	водопад
в т. ч.	в том числе
г	грамм массы
гг.	годы
до н. э.	до нашей эры
др.	другие
з.	запад, западу (в справочных таблицах)
з. д.	западной долготы
квт-ч	киловатт-час
кг	килограмм массы
км	километр
км^2	квадратный километр
км^3	кубический километр
км/ч	километров в час
км/с	километров в секунду
л	литр
м	метр
м^2	квадратный метр
м^3	кубический метр
мб	миллибар
мг	миллиграмм
млн.	миллион
мм	миллиметр
мм^2	квадратный миллиметр
мм^3	кубический миллиметр
мм/м	миллиметров в минуту
н. э.	нашей эры
о-в	остров
о-ва	острова
оз.	озеро
п-ов	полуостров
р.	река
рр.	реки
рис.	рисунок
с.	север, северу (в справочных таблицах)
с.-в.	северо-восток, северо-восточный
с.-з.	северо-запад, северо-западный
с. ш.	северной широты
см	сантиметр
см^2	квадратный сантиметр
см^3	кубический сантиметр
т	тонна массы
с	секунда
тыс.	тысяча
ю.	юг, югу (в справочных таблицах)
ю.-в.	юго-восток, юго-восточный
ю.-з.	юго-запад, юго-западный
ю. ш.	южной широты

Том I
«Земля»

03: 8Ю
Индекс Д-38

Ведущий редактор
ЛЯХОВА Т. П.

Редактор
КАЛГАНОВА Т. Ф.

Контрольный редактор
БЕЛЁВ Е. И.

Мл. редакторы:
БАГРОВА Л. А.
ПИВОВАРОВА О. И.

Художественный редактор
ДАНИЛЬЦЕВ Е. Е.

Редактор-картограф
ЯКУШИНА Л. И.

Технические редакторы:
ЧЕБОТКЕВИЧ О. Г.
ПРЫТКОВА Т. Е.

Корректоры:
АНТОНОВА В. С.
РЕЙБЕКЕЛЬ В. Н.

Оформление и макет издания художника
ЖУКОВА М. Г.

Макет тома художника
ЮЛИКОВА А. М.

Художник издания
ВАРШАМОВ Р. А.

Иллюстрации в томе выполнили художники:
АНТОНОВ А. Г.
БОРОДКИН М. И.
БУРЖЕЛЯН М. Ю.
ВАРШАМОВ Р. А.
ДАНИЛЬЦЕВ Е. Е.
ДОЛГУШИН Е. Л.
ДОЛЯ Б. Ф.
КУЛАГИН Л. А.
ЛОГИНОВ В. П.
РАДАЕВ В. Д.
РЕЗНИКОВ С. М.
СЕРГЕЕВА М. Н.
СКОБЕЛЕВ В. М.
СОКОЛОВ А. С.
ЧЕРНОВ В. Н.
ШАРОВ С. А.
ЯНКИЛЕВСКИЙ В. Б.

Фотоиллюстрации выполнили:
АНУФРИКОВ М. И.
БУДНЕВИЧ И. Л.
ГИППЕНРЕЙТЕР В. Е.
ГНЕВЫШЕВ И. И.
ДОНСКОЙ Д. А.
ИСТОМИН В. С.
КОНСТАНТИНОВ И. И.
КРУЦКО Б. П.
КРЮКОВ В. И.
МАКАРОВ А. А.
НУТОВИЧ Е. М.
ПАНОВ В. А.
ПАПИКЬЯН Р. Т.
ПОЛЯКОВ В. А.
ПОХВАЛИН П. И.
РАХМАНОВ Н. Н.
СЕКУРОВ А. В.
СУХОВАРОВА О. А.
УСТИНОВ Л. В.
ЧИЛИКИН О. Б.

Карты растительного и животного мира составила и выполнила
МАКАРОВА А. В.

Детская энциклопедия для среднего и старшего возраста.
Изд. 3, т. 1—12.
448 стр. с илл. и карт.

Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, 119117, Погодинская ул., 8
Редакция словарно-энциклопедических изданий
Москва, 109028, Хохловский пер., 16

Сдано в набор 26/V 1971 г.
Подписано в печать 6/X 1971 г.
А00109.
Бумага 84×108¹/₁₆
офсетная ГОЗНАК № 1 80 г.
Печ. л. 28 + 1 п. л. вкл.
Усл. л. 47,04 + вкл. 1,68.
Уч.-изд. л. 55,65
Тираж 500 000 экз. (второй завод 165 000)
Заказ 1938
Цена 3 р. 90 к.

Ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, М-54, Валовая, 28